

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application: 2000年 7月21日

出 願 番 号

Application Number: 特願2000-226224

出 願 人

Applicant(s): トヨタ自動車株式会社

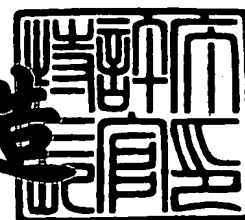


RECEIVED
SEP 13 2001
TC 3700 MAIL ROOM

2001年 8月10日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号・出証特2001-3070820

【書類名】 特許願

【整理番号】 1004149

【提出日】 平成12年 7月21日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 F01N 3/02
F01N 3/08

【発明の名称】 内燃機関の排気浄化装置

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 浅沼 孝充

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 田中 俊明

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 広田 信也

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 伊藤 和浩

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 中谷 好一郎

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 木村 光壱

【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077517

【弁理士】

【氏名又は名称】 石田 敬

【電話番号】 03-5470-1900

【選任した代理人】

【識別番号】 100092624

【弁理士】

【氏名又は名称】 鶴田 準一

【選任した代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008268

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9709208

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内燃機関の排気浄化装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 近傍雰囲気がリーン空燃比の時に NO_x を吸収し、理論空燃比又はリッチ空燃比の時に NO_x を放出して還元浄化する NO_x 吸蔵還元触媒を担持するパティキュレートフィルタと、前記パティキュレートフィルタの上流側に配置されて酸化機能を有する NO_x 浄化触媒装置とを具備することを特徴とする内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 2】 前記 NO_x 浄化触媒装置の下流側で排気ガスが前記パティキュレートフィルタをバイパスすることを可能とするバイパス手段を具備することを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 3】 前記 NO_x 浄化触媒装置は、前記 NO_x 吸蔵還元触媒を担持し、前記 NO_x 浄化触媒装置の SO_x 被毒回復中には、前記バイパス手段を機能させて排気ガスが前記パティキュレートフィルタをバイパスするようにすることを特徴とする請求項 2 に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 4】 前記 NO_x 浄化触媒装置は、前記 NO_x 吸蔵還元触媒を担持し、前記 NO_x 浄化触媒装置の SO_x 被毒回復完了直後には、前記バイパス手段を機能させず排気ガスが前記パティキュレートフィルタを通過するようにすることを特徴とする請求項 2 に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関の排気浄化装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

内燃機関、特にディーゼルエンジンの排気ガス中には NO_x が含まれており、この NO_x を浄化するために、機関排気系に NO_x 吸蔵還元触媒装置を配置することが提案されている。 NO_x 吸蔵還元触媒は、近傍雰囲気の酸素濃度が高い時に NO_x を硝酸塩の形で吸収し、近傍雰囲気の酸素濃度が低くなると吸収した N

NO_x を放出して還元浄化するものである。それにより、 NO_x 吸蔵還元触媒は、空気過剰のもとで燃焼が行われるディーゼルエンジンの排気ガス中から NO_x を良好に吸収し、定期的に近傍雰囲気を理論空燃比又はリッチ空燃比として酸素濃度を低下させることにより、 NO_x を放出させて HC 等の還元物質により還元浄化し、 NO_x を大気中に放出させることなく良好に浄化することができる。

【0003】

ところで、ディーゼルエンジンの排気ガス中には、煤を主成分とするパティキュレートも含まれている。このパティキュレートも大気放出以前に処理する必要があり、機関排気系にパティキュレートを捕集するパティキュレートフィルタを配置することが提案されている。このようなパティキュレートフィルタに前述の NO_x 吸蔵還元触媒を担持させると、 NO_x を吸蔵するだけでなくパティキュレートを良好に酸化除去することができる。こうして、パティキュレートフィルタに NO_x 吸蔵還元触媒を担持させたものをディーゼルエンジンの機関排気系に配置することは、非常に効果的とされている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、パティキュレートフィルタの構造は、一般的に、捕集壁の細孔を排気ガスが通過するウォールフロー型であり、触媒を担持する隔壁に沿って排気ガスが流れる一般的な触媒装置に比較して、主に排気ガスが接触する捕集壁表面の触媒担持面積が少なく、このようなパティキュレートフィルタでは、排気ガス中の NO_x を十分に浄化することができない。

【0005】

従って、本発明の目的は、 NO_x 吸蔵還元触媒を担持したパティキュレートフィルタを具備する内燃機関の排気浄化装置において、排気ガス中の NO_x を十分に浄化可能とすることである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明による請求項 1 に記載の内燃機関の排気浄化装置は、近傍雰囲気がリーン空燃比の時に NO_x を吸収し、理論空燃比又はリッチ空燃比の時に NO_x を放

出して還元浄化する NO_x 吸蔵還元触媒を担持するパティキュレートフィルタと、前記パティキュレートフィルタの上流側に配置されて酸化機能を有する NO_x 浄化触媒装置とを具備することを特徴とする。

【0007】

また、本発明による請求項2に記載の内燃機関の排気浄化装置は、請求項1に記載の内燃機関の排気浄化装置において、前記 NO_x 浄化触媒装置の下流側で排気ガスが前記パティキュレートフィルタをバイパスすることを可能とするバイパス手段を具備することを特徴とする。

【0008】

また、本発明による請求項3に記載の内燃機関の排気浄化装置は、請求項2に記載の内燃機関の排気浄化装置において、前記 NO_x 浄化触媒装置は、前記 NO_x 吸蔵還元触媒を担持し、前記 NO_x 浄化触媒装置の SO_x 被毒回復中には、前記バイパス手段を機能させて排気ガスが前記パティキュレートフィルタをバイパスするようにすることを特徴とする。

【0009】

また、本発明による請求項4に記載の内燃機関の排気浄化装置は、請求項2に記載の内燃機関の排気浄化装置において、前記 NO_x 浄化触媒装置は、前記 NO_x 吸蔵還元触媒を担持し、前記 NO_x 浄化触媒装置の SO_x 被毒回復完了直後には、前記バイパス手段を機能させず排気ガスが前記パティキュレートフィルタを通過するようにすることを特徴とする。

【0010】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明による排気浄化装置を備える4ストロークディーゼルエンジンの概略縦断面図を示しており、図2は図1のディーゼルエンジンの燃焼室の拡大縦断面図であり、図3は図1のディーゼルエンジンのシリンダヘッドの底面図である。図1から図3を参照すると、1は機関本体、2はシリンダブロック、3はシリンダヘッド、4はピストン、5aはピストン4の頂面上に形成されたキャビティ、5はキャビティ5a内に形成された燃焼室、6は電気制御式燃料噴射弁、7は一对の吸気弁、8は吸気ポート、9是一对の排気弁、10は排気ポートを夫

々示す。吸気ポート 8 は対応する吸気枝管 1 1 を介してサージタンク 1 2 に連結され、サージタンク 1 2 は吸気ダクト 1 3 を介してエアクリーナ 1 4 に連結される。吸気ダクト 1 3 内には電気モータ 1 5 により駆動されるスロットル弁 1 6 が配置される。一方、排気ポート 1 0 は排気マニホールド 1 7 を介して排気管 1 8 に接続される。

【 0 0 1 1 】

図 1 に示されるように排気マニホールド 1 7 内には空燃比センサ 2 1 が配置される。排気マニホールド 1 7 とサージタンク 1 2 とは E G R 通路 2 2 を介して互いに連結され、E G R 通路 2 2 内には電気制御式 E G R 制御弁 2 3 が配置される。また、E G R 通路 2 2 周りには E G R 通路 2 2 内を流れる E G R ガスを冷却するための冷却装置 2 4 が配置される。図 1 に示される実施例では機関冷却水が冷却装置 2 4 内に導びかれ、機関冷却水によって E G R ガスが冷却される。

【 0 0 1 2 】

一方、各燃料噴射弁 6 は燃料供給管 2 5 を介して燃料リザーバ、いわゆるコモンレール 2 6 に連結される。このコモンレール 2 6 内へは電気制御式の吐出量可変な燃料ポンプ 2 7 から燃料が供給され、コモンレール 2 6 内に供給された燃料は各燃料供給管 2 5 を介して燃料噴射弁 6 に供給される。コモンレール 2 6 にはコモンレール 2 6 内の燃料圧を検出するための燃料圧センサ 2 8 が取付けられ、燃料圧センサ 2 8 の出力信号に基づいてコモンレール 2 6 内の燃料圧が目標燃料圧となるように燃料ポンプ 2 7 の吐出量が制御される。

【 0 0 1 3 】

3 0 は電子制御ユニットであり、空燃比センサ 2 1 の出力信号と、燃料圧センサ 2 8 の出力信号とが入力される。また、アクセルペダル 4 0 にはアクセルペダル 4 0 の踏込み量 L に比例した出力電圧を発生する負荷センサ 4 1 が接続され、電子制御ユニット 3 0 には、負荷センサ 4 1 の出力信号も入力され、さらに、クランクシャフトが例えば 3 0 ° 回転する毎に出力パルスを発生するクランク角センサ 4 2 の出力信号も入力される。こうして、電子制御ユニット 3 0 は、各種信号に基づき、燃料噴射弁 6、電気モータ 1 5、E G R 制御弁 2 3、燃料ポンプ 2 7、及び、排気管 1 8 に配置された切換弁 1 9 を作動する。この切換弁 1 9 に関

しては後述する。

【0014】

図2および図3に示されるように本発明による実施例では燃料噴射弁6が6個のノズル口を有するホールノズルからなり、燃料噴射弁6のノズル口からは水平面に対しやや下向きに等角度間隔でもって燃料Fが噴射される。図3に示されるように6個の燃料噴霧Fのうちの2個の燃料噴霧Fは各排気弁9の弁体の下側面に沿って飛散する。図2および図3は圧縮行程末期に燃料噴射が行われたときを示している。このときには燃料噴霧Fはキャビティ5aの内周面に向けて進み、次いで着火燃焼せしめられる。

【0015】

図4は排気行程中において排気弁9のリフト量が最大のときに燃料噴射弁6から追加の燃料が噴射された場合を示している。即ち、図5に示されるように圧縮上死点付近において主噴射Q_mが行われ、次いで排気行程の中ほどで追加の燃料Q_aが噴射された場合を示している。この場合、排気弁9の弁体方向に進む燃料噴霧Fは排気弁9のかさ部背面と排気ポート10間に向かう。即ち、言い換えると燃料噴射弁6の6個のノズル口のうちの2個のノズル口は、排気弁9が開弁しているとき追加の燃料Q_aの噴射が行われると燃料噴霧Fが排気弁9のかさ部背面と排気ポート10間に向かうように形成されている。なお、図4に示す実施例ではこのとき燃料噴霧Fが排気弁9のかさ部背面に衝突し、排気弁9のかさ部背面に衝突した燃料噴霧Fは排気弁9のかさ部背面上において反射し、排気ポート10内に向かう。

【0016】

なお通常は追加の燃料Q_aは噴射されず、主噴射Q_mのみが行われる。図6は機関低負荷運転時においてスロットル弁16の開度およびEGR率を変化させることにより空燃比A/F（図6の横軸）を変化させたときの出力トルクの変化、およびスモーク、HC、CO、NO_xの排出量の変化を示す実験例を表している。図6からわかるようにこの実験例では空燃比A/Fが小さくなるほどEGR率が大きくなり、理論空燃比（≒14.6）以下のときにはEGR率は65パーセント以上となっている。

【0017】

図6に示されるようにEGR率を増大することにより空燃比A/Fを小さくしていくとEGR率が40パーセント付近となり空燃比A/Fが30程度になったときにスモークの発生量が増大を開始する。次いで、更にEGR率を高め、空燃比A/Fを小さくするとスモークの発生量が急激に増大してピークに達する。次いで更にEGR率を高め、空燃比A/Fを小さくすると今度はスモークが急激に低下し、EGR率を65パーセント以上とし、空燃比A/Fが15.0付近になるとスモークがほぼ零となる。即ち、煤がほとんど発生しなくなる。このとき機関の出力トルクは若干低下し、また NO_x の発生量がかなり低くなる。一方、このときHC及びCOの発生量は増大し始める。

【0018】

図7(A)は空燃比A/Fが21付近でスモークの発生量が最も多いときの燃焼室5内の燃焼圧変化を示しており、図7(B)は空燃比A/Fが18付近でスモークの発生量がほぼ零のときの燃焼室5内の燃焼圧の変化を示している。図7(A)と図7(B)とを比較すればわかるようにスモークの発生量がほぼ零である図7(B)に示す場合はスモークの発生量が多い図7(A)に示す場合に比べて燃焼圧が低いことがわかる。

【0019】

図6および図7に示される実験結果から次のことが言える。即ち、まず第1に空燃比A/Fが15.0以下でスモークの発生量がほぼ零のときには図6に示されるように NO_x の発生量がかなり低下する。 NO_x の発生量が低下したということは燃焼室5内の燃焼温度が低下していることを意味しており、従って煤がほとんど発生しないときには燃焼室5内の燃焼温度が低くなっていると言える。同じことが図7からも言える。即ち、煤がほとんど発生していない図7(B)に示す状態では燃焼圧が低くなっており、従ってこのとき燃焼室5内の燃焼温度は低くなっていることになる。

【0020】

第2にスモークの発生量、即ち煤の発生量がほぼ零になると図6に示されるようにHCおよびCOの排出量が増大する。このことは炭化水素が煤まで成長せず

に排出されることを意味している。即ち、燃料中に含まれる図8に示されるような直鎖状炭化水素や芳香族炭化水素は酸素不足の状態では温度上昇せしめられると熱分解して煤の前駆体が形成され、次いで主に炭素原子が集合した固体からなる煤が生成される。この場合、実際の煤の生成過程は複雑であり、煤の前駆体がどのような形態をとるかは明確ではないがいずれにしても図8に示されるような炭化水素は煤の前駆体を経て煤まで成長することになる。従って、上述したように煤の発生量がほぼ零になると図6に示される如くHCおよびCOの排出量が増大するがこのときのHCは煤の前駆体又はその前の状態の炭化水素である。

【0021】

図6および図7に示される実験結果に基づくこれらの考察をまとめると燃焼室5内の燃焼温度が低いときには煤の発生量がほぼ零になり、このとき煤の前駆体又はその前の状態の炭化水素が燃焼室5から排出されることになる。このことについて更に詳細に実験研究を重ねた結果、燃焼室5内における燃料およびその周囲のガス温度が或る温度以下である場合には煤の成長過程が途中で停止してしまい、即ち煤が全く発生せず、燃焼室5内における燃料およびその周囲の温度が或る温度以下になると煤が生成されることが判明したのである。

【0022】

ところで煤の前駆体の状態で炭化水素の生成過程が停止するときの燃料およびその周囲の温度、即ち上述の或る温度は燃料の種類や空燃比や圧縮比等の種々の要因によって変化するので何度であるかということとは言えないがこの或る温度は NO_x の発生量と深い関係を有しており、従ってこの或る温度は NO_x の発生量から或る程度規定することができる。即ち、EGR率が増大するほど燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度は低下し、 NO_x の発生量が低下する。このとき NO_x の発生量が10 p.p.m 前後又はそれ以下になったときに煤がほとんど発生しなくなる。従って上述の或る温度は NO_x の発生量が10 p.p.m 前後又はそれ以下になったときの温度にほぼ一致する。

【0023】

一旦、煤が生成されるとこの煤は酸化機能を有する触媒を用いた後処理でもって浄化することはできない。これに対して煤の前駆体又はその前の状態の炭化水

素は酸化機能を有する触媒を用いた後処理でもって容易に浄化することができる。このように、 NO_x の発生量を低減すると共に炭化水素を煤の前駆体又はその前の状態で燃焼室 5 から排出させることは排気ガスの浄化に極めて有効である。

【0024】

さて、煤が生成される前の状態で炭化水素の成長を停止させるには燃焼室 5 内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に抑制する必要がある。この場合、燃料およびその周囲のガス温度を抑制するには燃料が燃焼した際の燃料周りのガスの吸熱作用が極めて大きく影響することが判明している。

【0025】

即ち、燃料周りに空気しか存在しないと蒸発した燃料はただちに空気中の酸素と反応して燃焼する。この場合、燃料から離れている空気の温度はさほど上昇せず、燃料周りの温度のみが局所的に極めて高くなる。即ち、このときには燃料から離れている空気は燃料の燃焼熱の吸熱作用をほとんど行わない。この場合には燃焼温度が局所的に極めて高くなるために、この燃焼熱を受けた未燃炭化水素は煤を生成することになる。

【0026】

一方、多量の不活性ガスと少量の空気の混合ガス中に燃料が存在する場合には若干状況が異なる。この場合には蒸発燃料は周囲に拡散して不活性ガス中に混在する酸素と反応し、燃焼することになる。この場合には燃焼熱は周りの不活性ガスに吸収されるために燃焼温度はさほど上昇しなくなる。即ち、燃焼温度を低く抑えることができることになる。即ち、燃焼温度を抑制するには不活性ガスの存在が重要な役割を果しており、不活性ガスの吸熱作用によって燃焼温度を低く抑えることができることになる。

【0027】

この場合、燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に抑制するにはそうするのに十分な熱量を吸収しうるだけの不活性ガス量が必要となる。従って燃料量が増大すれば必要となる不活性ガス量はそれに伴って増大することになる。なお、この場合、不活性ガスの比熱が大きいほど吸熱作用

は強力となり、従って不活性ガスは比熱の大きなガスが好ましいことになる。この点、 CO_2 や EGR ガスは比較的比熱が大きいので不活性ガスとして EGR ガスを用いることは好ましいと言える。

【0028】

図9は不活性ガスとしてEGRガスを用い、EGRガスの冷却度合を変えたときのEGR率とスモークとの関係を示している。即ち、図9において曲線AはEGRガスを強力に冷却してEGRガス温をほぼ 90°C に維持した場合を示しており、曲線Bは小型の冷却装置でEGRガスを冷却した場合を示しており、曲線CはEGRガスを強制的に冷却していない場合を示している。

【0029】

図9の曲線Aで示されるようにEGRガスを強力に冷却した場合にはEGR率が50パーセントよりも少し低いところで煤の発生量がピークとなり、この場合にはEGR率をほぼ55パーセント以上にすれば煤がほとんど発生しなくなる。

一方、図9の曲線Bで示されるようにEGRガスを少し冷却した場合にはEGR率が50パーセントよりも少し高いところで煤の発生量がピークとなり、この場合にはEGR率をほぼ65パーセント以上にすれば煤がほとんど発生しなくなる。

【0030】

また、図9の曲線Cで示されるようにEGRガスを強制的に冷却していない場合にはEGR率が55パーセントの付近で煤の発生量がピークとなり、この場合にはEGR率をほぼ70パーセント以上にすれば煤がほとんど発生しなくなる。

なお、図9は機関負荷が比較的高いときのスモークの発生量を示しており、機関負荷が小さくなると煤の発生量がピークとなるEGR率は若干低下し、煤がほとんど発生しなくなるEGR率の下限も若干低下する。このように煤がほとんど発生しなくなるEGR率の下限はEGRガスの冷却度合や機関負荷に応じて変化する。

【0031】

図10は不活性ガスとしてEGRガスを用いた場合において燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度にするために必要な

EGRガスと空気の混合ガス量、およびこの混合ガス量中の空気の割合、およびこの混合ガス中のEGRガスの割合を示している。なお、図10において縦軸は燃焼室5内に吸入される全吸入ガス量を示しており、鎖線Yは過給が行われないうきに燃焼室5内に吸入しうる全吸入ガス量を示している。また、横軸は要求負荷を示しており、Z1は低負荷運転領域を示している。

【0032】

図10を参照すると空気の割合、即ち混合ガス中の空気量は噴射された燃料を完全に燃焼せしめるのに必要な空気量を示している。即ち、図10に示される場合では空気量と噴射燃料量との比は理論空燃比となっている。一方、図10においてEGRガスの割合、即ち混合ガス中のEGRガス量は噴射燃料が燃焼せしめられたときに燃料およびその周囲のガス温度を煤が形成される温度よりも低い温度にするのに必要最低限のEGRガス量を示している。このEGRガス量はEGR率で表すとほぼ55パーセント以上であり、図10に示す実施例では70パーセント以上である。即ち、燃焼室5内に吸入された全吸入ガス量を図10において実線Xとし、この全吸入ガス量Xのうちの空気量とEGRガス量との割合を図10に示すような割合にすると燃料およびその周囲のガス温度は煤が生成される温度よりも低い温度となり、斯くして煤が全く発生しなくなる。また、このときの NO_x 発生量は10p.p.m前後、又はそれ以下であり、従って NO_x の発生量は極めて少量となる。

【0033】

燃料噴射量が増大すれば燃料が燃焼した際の発熱量が増大するので燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に維持するためにはEGRガスによる熱の吸収量を増大しなければならない。従って図10に示されるようにEGRガス量は噴射燃料量が増大するにつれて増大せしめなければならない。即ち、EGRガス量は要求負荷が高くなるにつれて増大する必要がある。

【0034】

一方、図10の負荷領域Z2では煤の発生を阻止するのに必要な全吸入ガス量Xが吸入しうる全吸入ガス量Yを越えてしまう。従ってこの場合、煤の発生を阻止するのに必要な全吸入ガス量Xを燃焼室5内に供給するにはEGRガスおよび

吸入空気の双方、或いはEGRガスを過給又は加圧する必要がある。EGRガス等を過給又は加圧しない場合には負荷領域Z2では全吸入ガス量Xは吸入しうる全吸入ガス量Yに一致する。従ってこの場合、煤の発生を阻止するためには空気量を若干減少させてEGRガス量を増大すると共に空燃比がリッチのもとで燃料を燃焼せしめることになる。

【0035】

前述したように図10は燃料を理論空燃比のもとで燃焼させる場合を示しているが図10に示される低負荷運転領域Z1において空気量を図10に示される空気量よりも少なくても、即ち空燃比をリッチにしても煤の発生を阻止しつつ NO_x の発生量を10p.p.m 前後又はそれ以下にすることができ、また図10に示される低負荷領域Z1において空気量を図10に示される空気量よりも多くしても、即ち空燃比の平均値を17から18のリーンにしても煤の発生を阻止しつつ NO_x の発生量を10p.p.m 前後又はそれ以下にすることができる。

【0036】

即ち、空燃比がリッチにされると燃料が過剰となるが燃焼温度が低い温度に抑制されているために過剰な燃料は煤まで成長せず、斯くして煤が生成されることがない。また、このとき NO_x も極めて少量しか発生しない。一方、平均空燃比がリーンのとき、或いは空燃比が理論空燃比のときでも燃焼温度が高くなれば少量の煤が生成されるが本発明では燃焼温度が低い温度に抑制されているので煤は全く生成されない。更に、 NO_x も極めて少量しか発生しない。

【0037】

このように、機関低負荷運転領域Z1では空燃比にかかわらずに、即ち空燃比がリッチであろうと、理論空燃比であろうと、或いは平均空燃比がリーンであろうと煤が発生されず、 NO_x の発生量が極めて少量となる。従って燃料消費率の向上を考えるとこのとき平均空燃比をリーンにすることが好ましいと言える。

【0038】

ところで燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を炭化水素の成長が途中で停止する温度以下に抑制するためには、燃焼による発熱量が少ない方が好ましい。従って本発明による実施例では機関負荷が比較的低いときには

燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を炭化水素の成長が途中で停止する温度以下に抑制して低温燃焼を行うようにし、機関負荷が比較的高いときには従来より普通に行われている普通燃焼を行うようにしている。なお、ここで低温燃焼とはこれまでの説明から明らかなように煤の発生量が最大となる最悪不活性ガス量よりも燃焼室内の不活性ガス量が多く煤がほとんど発生しない燃焼のことを言い、普通燃焼とは煤の発生量が最大となる最悪不活性ガス量よりも燃焼室内の不活性ガス量が少ない燃焼のことを言う。

【 0 0 3 9 】

図 1 1 は低温燃焼が行われる第 1 の運転領域 I と、従来の燃焼方法による普通燃焼が行われる第 2 の燃焼領域 II とを示している。なお、図 1 1 において縦軸 L はアクセルペダル 4 0 の踏込み量、即ち要求負荷を示しており、横軸 N は機関回転数を示している。また、図 1 1 において X (N) は第 1 の運転領域 I と第 2 の運転領域 II との第 1 の境界を示しており、Y (N) は第 1 の運転領域 I と第 2 の運転領域 II との第 2 の境界を示している。第 1 の運転領域 I から第 2 の運転領域 II への運転領域の変化判断は第 1 の境界 X (N) に基づいて行われ、第 2 の運転領域 II から第 1 の運転領域 I への運転領域の変化判断は第 2 の境界 Y (N) に基づいて行われる。

【 0 0 4 0 】

即ち、機関の運転状態が第 1 の運転領域 I にあって低温燃焼が行われているときに要求負荷 L が機関回転数 N の関数である第 1 の境界 X (N) を越えると運転領域が第 2 の運転領域 II に移ったと判断され、従来の燃焼方法による普通燃焼が行われる。次いで要求負荷 L が機関回転数 N の関数である第 2 の境界 Y (N) よりも低くなると運転領域が第 1 の運転領域 I に移ったと判断され、再び低温燃焼が行われる。

【 0 0 4 1 】

図 1 2 は空燃比センサ 2 1 の出力を示している。図 1 2 に示されるように空燃比センサ 2 1 の出力電流 I は空燃比 A / F に応じて変化する。従って空燃比センサ 2 1 の出力電流 I から空燃比を知ることができる。次に図 1 3 を参照しつつ第 1 の運転領域 I および第 2 の運転領域 II における運転制御について概略的に説明

する。

【 0 0 4 2 】

図 1 3 は要求負荷 L に対するスロットル弁 1 6 の開度、E G R 制御弁 2 3 の開度、E G R 率、空燃比、噴射時期および噴射量を示している。図 1 3 に示されるように要求負荷 L の低い第 1 の運転領域 I ではスロットル弁 1 6 の開度は要求負荷 L が高くなるにつれて全閉近くから半開程度まで徐々に増大せしめられ、E G R 制御弁 2 3 の開度は要求負荷 L が高くなるにつれて全閉近くから全開まで徐々に増大せしめられる。また、図 1 3 に示される例では第 1 の運転領域 I では E G R 率がほぼ 7 0 パーセントとされており、空燃比はわずかばかりリーンなリーン空燃比とされている。

【 0 0 4 3 】

言い換えると第 1 の運転領域 I では E G R 率がほぼ 7 0 パーセントとなり、空燃比がわずかばかりリーンなリーン空燃比となるようにスロットル弁 1 6 の開度および E G R 制御弁 2 3 の開度が制御される。なお、このとき空燃比は空燃比センサ 2 1 の出力信号に基づいて E G R 制御弁 2 3 の開度を補正することによって目標リーン空燃比に制御される。また、第 1 の運転領域 I では圧縮上死点 T D C 前に燃料噴射が行われる。この場合、噴射開始時期 θS は要求負荷 L が高くなるにつれて遅くなり、噴射完了時期 θE も噴射開始時期 θS が遅くなるにつれて遅くなる。

【 0 0 4 4 】

なお、アイドリング運転時にはスロットル弁 1 6 は全閉近くまで閉弁され、このとき E G R 制御弁 2 3 も全閉近くまで閉弁せしめられる。スロットル弁 1 6 を全閉近くまで閉弁すると圧縮始めの燃焼室 5 内の圧力が低くなるために圧縮圧力が小さくなる。圧縮圧力が小さくなるとピストン 4 による圧縮仕事小さくなるために機関本体 1 の振動が小さくなる。即ち、アイドリング運転時には機関本体 1 の振動を抑制するためにスロットル弁 1 6 が全閉近くまで閉弁せしめられる。

【 0 0 4 5 】

一方、機関の運転領域が第 1 の運転領域 I から第 2 の運転領域 II に変わるとスロットル弁 1 6 の開度が半開状態から全開方向へステップ状に増大せしめられる

。このとき図13に示す例ではEGR率がほぼ70パーセントから40パーセント以下までステップ状に減少せしめられ、空燃比がステップ状に大きくされる。即ち、EGR率が多量のスモークを発生するEGR率範囲（図9）を飛び越えるので機関の運転領域が第1の運転領域Iから第2の運転領域IIに変わるときに多量のスモークが発生することがない。

【0046】

第2の運転領域IIでは従来から行われている普通燃焼が行われる。この燃焼方法では煤および NO_x が若干発生するが低温燃焼に比べて熱効率が高く、従って機関の運転領域が第1の運転領域Iから第2の運転領域IIに変わると図13に示されるように噴射量がステップ状に低減せしめられる。

【0047】

第2の運転領域IIではスロットル弁16は一部を除いて全開状態に保持され、EGR制御弁23の開度は要求負荷Lが高くなると次第に小さくされる。この運転領域IIではEGR率は要求負荷Lが高くなるほど低くなり、空燃比は要求負荷Lが高くなるほど小さくなる。ただし、空燃比は要求負荷Lが高くなってもリーン空燃比とされる。また、第2の運転領域IIでは噴射開始時期 θ_S は圧縮上死点TDC付近とされる。

【0048】

図14は第1の運転領域Iにおける空燃比 A/F を示している。図14において、 $A/F=15.5$ 、 $A/F=16$ 、 $A/F=17$ 、 $A/F=18$ で示される各曲線は夫々空燃比が15.5、16、17、18であるときを示しており、各曲線間の空燃比は比例配分により定められる。図14に示されるように第1の運転領域Iでは空燃比がリーンとなっており、更に第1の運転領域Iでは要求負荷Lが低くなるほど空燃比 A/F がリーンとされる。

【0049】

即ち、要求負荷Lが低くなるほど燃焼による発熱量が少なくなる。従って要求負荷Lが低くなるほどEGR率を低下させても低温燃焼を行うことができる。EGR率を低下させると空燃比は大きくなり、従って図14に示されるように要求負荷Lが低くなるにつれて空燃比 A/F が大きくなる。空燃比 A/F が大きく

なるほど燃料消費率は向上し、従ってできる限り空燃比をリーンにするために本実施例では要求負荷 L が低くなるにつれて空燃比 A/F が大きくなる。

【0050】

なお、空燃比を図14に示す目標空燃比とするのに必要なスロットル弁16の目標開度 ST が図15(A)に示されるように要求負荷 L および機関回転数 N の関数としてマップの形で予めROM32内に記憶されており、空燃比を図14に示す目標空燃比とするのに必要なEGR制御弁23の目標開度 SE が図15(B)に示されるように要求負荷 L および機関回転数 N の関数としてマップの形で予めROM32内に記憶されている。

【0051】

図16は普通燃焼が行われるときの目標空燃比を示している。なお、図16において $A/F=24$ 、 $A/F=35$ 、 $A/F=45$ 、 $A/F=60$ で示される各曲線は夫々目標空燃比24、35、45、60を示している。空燃比をこの目標空燃比とするのに必要なスロットル弁16の目標開度 ST が図17(A)に示されるように要求負荷 L および機関回転数 N の関数としてマップの形で予めROM32内に記憶されており、空燃比をこの目標空燃比とするのに必要なEGR制御弁23の目標開度 SE が図17(B)に示されるように要求負荷 L および機関回転数 N の関数としてマップの形で予めROM32内に記憶されている。

【0052】

こうして、本実施例のディーゼルエンジンでは、アクセルペダル40の踏み込み量 L 及び機関回転数 N とに基づき、低温燃焼と、普通燃焼とが切り換えられ、各燃焼において、アクセルペダル40の踏み込み量 L 及び機関回転数 N とに基づき、図15又は図17に示すマップによってスロットル弁16及びEGR弁の開度制御が実施される。

【0053】

図18は本実施例の排気浄化装置を示す平面図であり、図19はその側面図である。本排気浄化装置は、排気マニホールド17の下流側に排気管18を介して接続された切換部71と、パティキュレートフィルタ70と、パティキュレートフィルタ70の一方側と切換部71とを接続する第一接続部72aと、パティキュ

レートフィルタ 7 0 の他方側と切換部 7 1 とを接続する第二接続部 7 2 b と、切換部 7 1 の下流側の排気通路 7 3 とを具備している。切換部 7 1 は、切換部 7 1 内で排気流れを遮断することを可能とする弁体 7 1 a を具備している。弁体 7 1 a は、負圧アクチュエータ又はステップモータ等によって駆動される。弁体 7 1 a の第一遮断位置において、切換部 7 1 内の上流側が第一接続部 7 2 a と連通されると共に切換部 7 1 内の下流側が第二接続部 7 2 b と連通され、排気ガスは、図 1 8 に矢印で示すように、パティキュレートフィルタ 7 0 の一方側から他方側へ流れる。

【 0 0 5 4 】

また、図 2 0 は、弁体 7 1 a の第二遮断位置を示している。この遮断位置において、切換部 7 1 内の上流側が第二接続部 7 2 b と連通されると共に切換部 7 1 内の下流側が第一接続部 7 2 a と連通され、排気ガスは、図 2 0 に矢印で示すように、パティキュレートフィルタ 7 0 の他方側から一方側へ流れる。こうして、弁体 7 1 a を第一遮断位置及び第二遮断位置の一方から他方へ切り換えることによって、パティキュレートフィルタ 7 0 へ流入する排気ガスの方向を逆転することができ、すなわち、パティキュレートフィルタ 2 0 の排気上流側と排気下流側とを逆転することが可能となる。また、図 2 1 は、第一遮断位置と第二遮断位置との間の弁体 7 1 a の開放位置を示している。この開放位置において、切換部 7 1 内は遮断されることなく、排気ガスは、図 2 1 に矢印で示すように、パティキュレートフィルタ 7 0 をバイパスして流れる。

【 0 0 5 5 】

図 2 2 にパティキュレートフィルタ 7 0 の構造を示す。なお、図 2 2 において、(A) はパティキュレートフィルタ 7 0 の正面図であり、(B) は側面断面図である。これらの図に示すように、本パティキュレートフィルタ 7 0 は、長円正面形状を有し、例えば、コージライトのような多孔質材料から形成されたハニカム構造をなすウォールフロー型であり、多数の軸線方向に延在する隔壁 5 4 によって細分された多数の軸線方向空間を有している。隣接する二つの軸線方向空間において、栓 5 3 によって、一方は排気下流側で閉鎖され、他方は排気上流側で閉鎖される。こうして、隣接する二つの軸線方向空間の一方は排気ガスの流入通

路 50 となり、他方は流出通路 51 となり、排気ガスは、図 22 (B) に矢印で示すように、必ず隔壁 54 を通過する。排気ガス中のパティキュレートは、隔壁 54 の細孔の大きさに比較して非常に小さいものであるが、隔壁 54 の排気上流側表面上及び隔壁 54 内の細孔表面上に衝突して捕集される。こうして、各隔壁 54 は、パティキュレートを捕集する捕集壁として機能する。本パティキュレートフィルタ 70 において、各隔壁 54 の両側表面上、及び、好ましくは各隔壁の細孔表面上にはアルミナ等を使用して以下に説明する NO_x 吸収剤と白金 Pt のような貴金属触媒とが担持されている。

【0056】

隔壁 20a に担持させた NO_x 吸収剤は、本実施例では、カリウム K、ナトリウム Na、リチウム Li、セシウム Cs、ルビジウム Rb のようなアルカリ金属、バリウム Ba、カルシウム Ca、ストロンチウム Sr のようなアルカリ土類、ランタン La、イットリウム Y のような希土類、および遷移金属から選ばれた少くとも一つである。この NO_x 吸収剤は、近傍雰囲気中の空燃比（空気と燃料との比であり、ここで、どれだけの燃料が空気中の酸素を使用して燃焼しているかは関係ない）がリーンのときには NO_x を吸収し、空燃比が理論空燃比又はリッチになると吸収した NO_x を放出する NO_x の吸放出作用を行う。

【0057】

この NO_x 吸収剤は実際に NO_x の吸放出作用を行うが、この吸放出作用の詳細なメカニズムについては明らかでない部分もある。しかしながらこの吸放出作用は図 23 に示すようなメカニズムで行われているものと考えられる。次にこのメカニズムについてパティキュレートフィルタ隔壁上に白金 Pt およびバリウム Ba を担持させた場合を例にとって説明するが他の貴金属、アルカリ金属、アルカリ土類、希土類を用いても同様なメカニズムとなる。

【0058】

低温燃焼及び普通燃焼に係わらず、空燃比がリーンの状態で燃焼が行われている場合には、排気ガス中の酸素濃度は高く、このときには図 23 (A) に示されるようにこれら酸素 O_2 が O_2^- 又は O^{2-} の形で白金 Pt の表面に付着する。一方、流入排気ガス中の NO は白金 Pt の表面上で O_2^- 又は O^{2-} と反応し、NO

2 となる ($2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$)。次いで生成された NO_2 の一部は白金 Pt 上で酸化されつつ吸収剤内に吸収されて酸化バリウム BaO と結合しながら図 23 (A) に示されるように硝酸イオン NO_3^- の形で吸収剤内に拡散する。このようにして NO_x が NO_x 吸収剤内に吸収される。近傍雰囲気中の酸素濃度が高い限り白金 Pt の表面で NO_2 が生成され、吸収剤の NO_x 吸収能力が飽和しない限り、 NO_2 が吸収剤内に吸収されて硝酸イオン NO_3^- が生成される。

【0059】

一方、近傍雰囲気中の空燃比がリッチにされると酸素濃度が低下し、その結果白金 Pt の表面での NO_2 の生成量が低下する。 NO_2 の生成量が低下すると反応が逆方向 ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$) に進み、斯くして吸収剤内の硝酸イオン NO_3^- が NO_2 の形で吸収剤から放出される。このとき NO_x 吸収剤から放出された NO_x は図 23 (B) に示されるように近傍雰囲気中に含まれる HC 及び CO 等と反応して還元せしめられる。このようにして白金 Pt の表面上に NO_2 が存在しなくなると吸収剤から次から次へと NO_2 が放出される。従って近傍雰囲気中の空燃比がリッチにされると短時間のうちに NO_x 吸収剤から NO_x が放出され、しかもこの放出された NO_x が還元されるために大気中に NO_x が排出されることはない。

【0060】

なお、この場合、近傍雰囲気中の空燃比を理論空燃比にしても NO_x 吸収剤から NO_x が放出される。しかしながら、この場合には NO_x 吸収剤から NO_x が徐々にしか放出されないためにパティキュレートフィルタに吸収されている全 NO_x を放出させるには若干長い時間を要する。

【0061】

ところで NO_x 吸収剤の NO_x 吸収能力には限度があり、 NO_x 吸収剤の NO_x 吸収能力が飽和する前に NO_x 吸収剤から NO_x を放出させる必要がある。すなわち、パティキュレートフィルタ 70 に吸収されている NO_x 量が NO_x 貯蔵可能量に達する以前に、 NO_x を放出させ還元浄化する再生の必要があり、そのためには、この NO_x 量を推定する必要がある。そこで本実施例では低温燃焼が行われているときの単位時間当りの NO_x 吸収量 A を要求負荷 L および機関回転

数 N の関数として図24 (A) に示すようなマップの形で予め求めておき、普通燃焼が行われているときの単位時間当りの NO_x 吸収量 B を要求負荷 L および機関回転数 N の関数として図24 (B) に示すようなマップの形で予め求めておき、これら単位時間当りの NO_x 吸収量 A , B を積算することによってパティキュレートフィルタに吸収されている NO_x 量を推定するようにしている。ここで、低温燃焼が行われているときの単位時間当たりの NO_x 吸収量 A は、もちろん、低温燃焼がリッチ空燃比で行われる時には NO_x は放出されることとなるために、マイナス値となる。本実施例ではこの NO_x 吸収量が予め定められた許容値を越えたときにパティキュレートフィルタを再生するために、理論空燃比又はリッチ空燃比での低温燃焼を実施するか、又は、排気行程で気筒内へ燃料を噴射するなどして、パティキュレートフィルタ70の近傍雰囲気を実理論空燃比又リッチ空燃比とし、少なくとも再生が完了するまでの時間（近傍雰囲気の空燃比が小さいほど短くなる）だけこの状態を維持するようになっている。

【0062】

このように、パティキュレートフィルタに NO_x 吸収剤を担持させると、捕集壁に捕集したパティキュレートを良好に酸化除去することができる。このメカニズムを図25を用いて説明する。前述したように、 NO_x は、白金 Pt 60を介して硝酸イオン NO_3^- の形で NO_x 吸収剤61内に吸収されている。この NO_x 吸収剤にパティキュレート62が付着すると、パティキュレート62と NO_x 吸収剤61との接触面では酸素濃度が低下する。酸素濃度が低下すると酸素濃度の高い NO_x 吸収剤61内との間で濃度差が生じ、斯くして NO_x 吸収剤61内の酸素がパティキュレート62と NO_x 吸収剤61との接触面に向けて移動しようとする。その結果、 NO_x 吸収剤61内の硝酸イオン NO_3^- は、酸素 O と NO とに分解され、酸素 O がパティキュレート62と NO_x 吸収剤61との接触面に向かい、 NO が NO_x 吸収剤61から外部に放出される。外部に放出された NO は下流側の白金 Pt 上において酸化され、再び NO_x 吸収剤61内に吸収される。

【0063】

一方、パティキュレート62と NO_x 吸収剤61との接触面に向かう酸素 O は

硝酸塩、すなわち、化合物から分解された酸素である。化合物から分解された酸素 O は高いエネルギーを有しており、極めて高い活性を有する。従ってパティキュレート 6 2 と NO_x 吸収剤 6 1 との接触面に向かう酸素は活性酸素 O となっている。これら活性酸素 O がパティキュレート 6 2 に接触するとパティキュレート 6 2 は輝炎を発することなく酸化せしめられる。

【 0 0 6 4 】

このように、パティキュレートフィルタに NO_x 吸収剤及び貴金属触媒（以下、 NO_x 吸蔵還元触媒と称する）を担持させることは、排気ガス中の NO_x 浄化と共に、捕集したパティキュレートを酸化除去してパティキュレートフィルタの目詰まりを発生し難くするのに有効である。

【 0 0 6 5 】

しかしながら、パティキュレートフィルタの構造は、前述したように、捕集壁の細孔を排気ガスが通過するウォールフロー型であり、触媒を担持する隔壁に沿って排気ガスが流れる一般的な触媒装置との比較において、同じ大きさで同量を排気ガスを通させるためには、捕集壁間の寸法を隔壁間の寸法に比較して大きくしなければならない。それにより、パティキュレートフィルタにおいて、排気ガスが捕集壁表面に担持された NO_x 吸蔵還元触媒と接触する機会は、触媒装置におけるより少ない。また、排気ガスは、捕集壁の細孔を通過する際には、この細孔内に担持された NO_x 吸蔵還元触媒に接触するが、主には、捕集壁の表面に担持された NO_x 吸蔵還元触媒にしか接触しない。しかしながら、多数の細孔によって捕集壁表面の触媒担持面積はそれほど大きくない。こうして、 NO_x 吸蔵還元触媒をパティキュレートフィルタに担持させても、排気ガス中の NO_x を十分に浄化することはできない。

【 0 0 6 6 】

この問題を解決するために、本実施例では、図 1 8 及び 1 9 に示すように、切換部 7 1 上流側の排気管 1 8 には、 NO_x 浄化触媒装置 7 4 が配置されている。この NO_x 浄化触媒装置 7 4 は、パティキュレートフィルタ 7 0 での NO_x 浄化を補うものであり、それほど大きな容量は必要ない。こうして、 NO_x 浄化触媒装置 7 4 と NO_x 吸蔵還元触媒を有するパティキュレートフィルタ 7 0 とによっ

て、排気ガス中の NO_x を十分に浄化することが可能となる。

【0067】

NO_x 浄化触媒装置 74 としては、ハニカム構造の担体に、前述した NO_x 吸蔵還元触媒、又は、 NO_x 選択還元触媒等の NO_x を浄化可能な触媒を担持したものであれば良い。

【0068】

ところで、排気ガス中には可溶有機成分 S O F が含まれ、この S O F は、粘性を有し、パティキュレートフィルタ上でパティキュレート同士を付着させ大きな塊に成長させる。これは、パティキュレートフィルタにおいて、パティキュレートを酸化除去させ難くしてパティキュレートフィルタの目詰まりを促進する。それにより、 NO_x 吸蔵還元触媒のように酸化機能を有する触媒を担持する NO_x 浄化触媒装置 74 をパティキュレートフィルタ 70 の上流側に配置することにより、パティキュレートフィルタの上流側で排気ガス中の S O F を焼失させ、S O F によるパティキュレートフィルタの目詰まりの促進を防止することができる。

【0069】

ところで、内燃機関の燃料には硫黄が含まれており、燃焼に際して SO_x が生成される。 SO_x は、パティキュレートフィルタ 70 へ NO_x と同様なメカニズムにより硫酸塩の形で吸収される。この硫酸塩も硝酸塩と同様なメカニズムによって活性酸素を放出可能であるが、硫酸塩は、安定な物質であるために、近傍雰囲気のリッチ空燃比としてもパティキュレートフィルタから放出され難く、実際には、パティキュレートフィルタに残留して、吸蔵量が徐々に増加する。パティキュレートフィルタへの硝酸塩又は硫酸塩の吸蔵可能量は有限であり、パティキュレートフィルタにおける硫酸塩の吸蔵量が増加すれば（以下、 SO_x 被毒と称する）、その分、硝酸塩の吸蔵可能量が減少し、遂には、全く NO_x を吸収することができなくなる。

【0070】

それにより、本実施例では、 NO_x 浄化触媒装置 74 に NO_x 吸蔵還元触媒を担持させ、排気ガス中の硫黄を上流側に位置する NO_x 浄化触媒装置 74 によっ

て積極的に吸収し、パティキュレートフィルタ70の SO_x 被毒を防止している。これに伴う NO_x 浄化触媒装置74の SO_x 被毒の回復は、以下の手順によって行われる。

【0071】

先ず、 SO_x 被毒の回復時期であるか否かの判断が実施される。この判断には、これまでに消費した燃料を積算して、この積算燃料量が設定量に達した時に SO_x 被毒の回復時期と判断することができる。また、 NO_x 浄化触媒装置でもパティキュレートフィルタと同様な再生処理(NO_x の放出浄化処理)が必要となり、この再生処理において、 NO_x 浄化触媒装置の排気上流側の空燃比はリッチにされるが、再生中においては、HC等の還元物質が放出された NO_x の還元浄化に使用されるために、 NO_x 浄化触媒装置の下流側の空燃比は理論空燃比に近くなる。しかしながら、再生が完了すると、 NO_x 浄化触媒装置の下流側の空燃比は、上流側の空燃比とほぼ等しくリッチとなる。これを利用して再生時間を検出すれば、 SO_x 被毒の回復時期が判断可能である。なぜなら、回復が必要なほど SO_x 被毒が進行していると、再生時期における NO_x 吸収量が実際には少なくなっており、再生時間が短くなるためである。

【0072】

SO_x 被毒の再生時期である時には、燃焼空燃比をリーンとして、排気ガス中には比較的多くの酸素が含まれているようにすると共に、排気行程での気筒内燃料噴射又は NO_x 浄化触媒装置の上流側において機関排気系へ燃料を噴射するなどして、 NO 浄化触媒装置へ十分な酸素と未燃燃料等の還元物質とを供給し、 NO_x 浄化触媒装置の有する酸化能力によって還元物質を十分に燃焼させる。

【0073】

こうして、 NO_x 浄化触媒装置を600°C程度に昇温させると、安定な硫酸塩は、近傍雰囲気を実理論空燃比又はリッチ空燃比として酸素濃度を低下させることにより、 SO_x として放出させることができる。 NO_x 浄化触媒装置を700°C以上に昇温すると、担持させた白金Pt等の酸化触媒がシンタリングを起こして機能低下するために、 NO_x 浄化触媒装置の直下流側の排気温度等を監視して、これが起こらないようにすることが好ましい。この NO_x 浄化触媒装置のS

O_x 被毒回復処理中には、切換部 7 1 において弁体 7 1 a は開放位置とされており、 NO_x 浄化触媒装置から放出された SO_x は、パティキュレートフィルタ 7 0 をバイパスするために、パティキュレートフィルタ 7 0 の NO_x 吸収剤に吸収されることはない。 NO_x 浄化触媒装置を高温にして近傍雰囲気を一定時間リッチ空燃比とすると、 SO_x 被毒回復処理は完了したと判断することができ、燃焼空燃比は通常運転に適した空燃比に戻される。

【 0 0 7 4 】

ところで、パティキュレートフィルタに担持させた白金 Pt および NO_x 吸収剤 6 1 はパティキュレートフィルタの温度が高くなるほど活性化するので単位時間当りに NO_x 吸収剤 6 1 が放出される活性酸素 O の量はパティキュレートフィルタの温度が高くなるほど増大する。従ってパティキュレートフィルタ上において単位時間当りに輝炎を発することなくパティキュレートを酸化除去可能な酸化除去可能微粒子量はパティキュレートフィルタの温度が高くなるほど増大する。それにより、 NO_x 浄化触媒装置の SO_x 被毒回復処理の完了と同時に又は完了直後において、切換部 7 1 の切換弁 7 1 a を一方の遮断位置として、高温度（約 600°C ）とされた NO_x 浄化触媒装置を通り加熱された排気ガスをパティキュレートフィルタへ導くことにより、パティキュレートフィルタを昇温させ、パティキュレートを酸化除去し易くすることが好ましい。

【 0 0 7 5 】

図 2 6 の実線は単位時間当りに輝炎を発することなく酸化除去可能な酸化除去可能微粒子量 G を示している。なお、図 2 6 において横軸はパティキュレートフィルタの温度 T F を示している。単位時間当りに燃焼室から排出されるパティキュレートの量を排出微粒子量 M と称するとこの排出微粒子量 M が酸化除去可能微粒子量 G よりも少ないとき、即ち図 2 6 の領域 I では燃焼室から排出された全てのパティキュレートがパティキュレートフィルタに捕集されるや否や短時間のうちにパティキュレートフィルタにおいて輝炎を発することなく酸化除去せしめられる。

【 0 0 7 6 】

これに対し、排出微粒子量 M が酸化除去可能微粒子量 G よりも多いとき、即ち

図 2 6 の領域 II では全てのパティキュレートは酸化するには活性酸素量が不足している。図 2 7 (A) ~ (C) はこのような場合のパティキュレートの酸化の様子を示している。

【 0 0 7 7 】

即ち、全てのパティキュレートを酸化するには活性酸素量が不足している場合には図 2 7 (A) に示すようにパティキュレート 6 2 が NO_x 吸収剤 6 1 上に付着するとパティキュレート 6 2 の一部のみが酸化され、十分に酸化されなかったパティキュレート部分がパティキュレートフィルタの排気上流側面上に残留する。次いで活性酸素量が不足している状態が継続すると次から次へと酸化されなかったパティキュレート部分が排気上流面上に残留し、その結果図 2 7 (B) に示されるようにパティキュレートフィルタの隔壁の排気上流面が残留パティキュレート部分 6 3 によって覆われるようになる。

【 0 0 7 8 】

このような残留パティキュレート部分 6 3 は、次第に酸化され難いカーボン質に変質し、また、排気上流面が残留パティキュレート部分 6 3 によって覆われると白金 Pt による NO 、 SO_2 の酸化作用および NO_x 吸収剤 6 1 による活性酸素の放出作用が抑制される。それにより、時間を掛ければ徐々に残留パティキュレート部分 6 3 を酸化させることができるが、図 2 7 (C) に示されるように残留パティキュレート部分 6 3 の上に別のパティキュレート 6 4 が次から次へと堆積して、即ち、パティキュレートが積層状に堆積すると、これらパティキュレートは、白金 Pt や NO_x 吸収剤から距離を隔てているために、例え酸化され易いパティキュレートであっても活性酸素によって酸化されることはない。従ってこのパティキュレート 6 4 上に更に別のパティキュレートが次から次へと堆積する。即ち、排出微粒子量 M が酸化除去可能微粒子量 G よりも多い状態が継続するとパティキュレートフィルタ上にはパティキュレートが積層状に堆積してしまう。

【 0 0 7 9 】

このように図 2 6 の領域 I ではパティキュレートはパティキュレートフィルタ上において輝炎を発することなく短時間のうちに酸化せしめられ、図 2 6 の領域 II ではパティキュレートがパティキュレートフィルタ上に積層状に堆積する。従

って、排出微粒子量Mと酸化除去可能微粒子量Gとの関係を領域Iにすれば、パティキュレートフィルタ上へのパティキュレートの堆積を防止することができる。しかしながら、これが常に実現されるとは限らず、何もしなければパティキュレートフィルタにはパティキュレートが堆積することがある。

【0080】

本実施例では、前述の電子制御ユニット30により図28に示すフローチャートに従って弁体71aの切換制御を実施し、パティキュレートフィルタへの多量なパティキュレートの堆積を防止している。本フローチャートは所定時間毎に繰り返される。先ず、ステップ101において、走行距離積算値Aが計算され、ステップ102において、この走行距離積算値Aが設定走行距離Asに達したか否かが判断される。この判断が否定される時にはそのまま終了するが、肯定される時にはステップ103に進んで走行距離積算値Aを0にリセットした後に、ステップ104において弁体71aを第一遮断位置及び第二遮断位置の一方から他方へ切り換え、パティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とを逆転する。

【0081】

図29は、パティキュレートフィルタの隔壁54の拡大断面図である。車両が設定走行距離Asを走行する間には、図26の領域IIでの運転が実施されることもあり、図29(A)に格子で示すように、排気ガスが主に衝突する隔壁54の排気上流側表面及び細孔内の排気ガス流対向面は、一方の捕集面としてパティキュレートを衝突捕集し、 NO_x 吸収剤により放出される活性酸素によってパティキュレートを酸化除去するが、この酸化除去が不十分となってパティキュレートが残留することがある。この時点では、パティキュレートフィルタの排気抵抗は車両走行に悪影響を与えるほどではないが、さらにパティキュレートが堆積すれば、機関出力の大幅な低下等の問題を発生する。本フローチャートでは、この時点において、パティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とが逆転される。それにより、隔壁54の一方の捕集面に残留するパティキュレート上には、さらにパティキュレートが堆積することはなく、一方の捕集面から放出される活性酸素によって残留パティキュレートは徐々に酸化除去される。また、残留パテ

ィキュレートは、逆方向の排気ガス流によって、図 2 9 (B) に示すように、容易に破壊されて細分化され、細孔内を主に下流側へ流動する。

【 0 0 8 2 】

それにより、細分化された多くのパティキュレートは、隔壁の細孔内に分散し、隔壁の細孔内表面に担持させた NO_x 吸収剤と直接的に接触して酸化除去される機会が多くなる。こうして、隔壁の細孔内にも NO_x 吸収剤を担持させることで、残留パティキュレートを格段に酸化除去させ易くなる。さらに、この酸化除去に加えて、排気ガスの逆流によって上流側となった隔壁 5 4 の他方の捕集面、すなわち、現在において排気ガスが主に衝突する隔壁 5 4 の排気上流側表面及び細孔内の排気ガス流対向面（一方の捕集面とは反対側の関係となる）では、排気ガス中の新たなパティキュレートが付着して NO_x 吸収剤から放出された活性酸素によって酸化除去される。これらの酸化除去の際に NO_x 吸収剤から放出された活性酸素の一部は、排気ガスと共に下流側へ移動し、排気ガスの逆流によっても依然として残留するパティキュレートを酸化除去する。

【 0 0 8 3 】

すなわち、隔壁の一方の捕集面の残留パティキュレートには、この捕集面から放出される活性酸素だけでなく、排気ガスの逆流によって隔壁の他方の捕集面でのパティキュレートの酸化除去に使用された残りの活性酸素が排気ガスと共に到来する。それにより、弁体の切り換え時点において、隔壁の一方の捕集面にある程度パティキュレートが積層状に堆積していたとしても、排気ガスを逆流させれば、残留パティキュレート上に堆積するパティキュレートへも活性酸素が到来することに加えて、さらにパティキュレートが堆積することはないために、堆積パティキュレートは徐々に酸化除去され、次の逆流までに、ある程度の時間があれば、この間で十分に酸化除去可能である。

【 0 0 8 4 】

本フローチャートにおいて、弁体の切り換えは、設定走行距離毎に行うようになっており、パティキュレートフィルタ上の残留パティキュレートが酸化され難いカーボン質に変質する以前に弁体が切り換えられる。また、多量のパティキュレートが堆積する以前にパティキュレートを酸化除去することは、多量の堆積パ

パーティキュレートが一度に着火燃焼して多量の燃焼熱によりパーティキュレートフィルタが溶損する等の問題を防止することにもなる。また、何らかの要因によって、弁体の切り換え時点でパーティキュレートフィルタ隔壁の一方の捕集面に多量のパーティキュレートが堆積してしまったとしても、弁体が切り換えられれば、堆積パーティキュレートは逆方向の排気ガス流によって比較的容易に破壊及び細分化されるために、隔壁の細孔内で酸化除去できなかった一部の細分化パーティキュレートはパーティキュレートフィルタから排出されることとなるが、パーティキュレートフィルタの排気抵抗がさらに高まって車両走行に悪影響を与えることはなく、また、パーティキュレートフィルタ隔壁の他方の捕集面によって新たなパーティキュレートの捕集が可能となる。

【 0 0 8 5 】

こうして、設定走行距離毎に弁体を切り換えれば、パーティキュレートフィルタへ多量のパーティキュレートが堆積することを確実に防止することができる。このための弁体の切り換え時期は、設定走行距離毎に限定されることはなく、例えば、設定時間毎としても不定期としても良い。

【 0 0 8 6 】

また、パーティキュレートフィルタ上に残留及び堆積するパーティキュレート量に応じてパーティキュレートフィルタ 7 0 の排気上流側と排気下流側との差圧が上昇することを利用し、この差圧が設定差圧以上となった時を、パーティキュレートフィルタ上にある程度のパーティキュレートが堆積しているとして、弁体を切り換えるようにしても良い。具体的には、パーティキュレートフィルタ 7 0 の一方側の排気圧力、すなわち、第一接続部 7 2 a (図 1 8 参照) 内を排気圧力を、第一接続部 7 2 a に配置された圧力センサによって検出すると共に、パーティキュレートフィルタの他方側の排気圧力、すなわち、第二接続部 7 2 b (図 1 8 参照) 内を排気圧力を、第二接続部 7 2 b に配置された圧力センサによって検出し、これらの排気圧力の差圧の絶対値が、設定圧力差以上となったか否かを判断する。ここで、差圧の絶対値を使用するのは、第一接続部 7 2 a 及び第二接続部 7 2 b のいずれが排気上流側となっても差圧の上昇を把握可能とするためである。なお、この差圧は、厳密には、気筒内から排出される排気ガス圧力によっても変化する

ために、パティキュレートの堆積判断は、機関運転状態を特定して実施することが好ましい。

【0087】

また、この差圧以外にも、例えば、パティキュレートフィルタの所定隔壁上の電気抵抗値の変化を監視して、パティキュレートの堆積によって電気抵抗値が設定値以下となった時を、パティキュレートフィルタ上にある程度のパティキュレートが堆積しているとして、弁体を切り換えるようにしても良い。また、パティキュレートフィルタの所定隔壁において、パティキュレートの堆積により、光の透過率が低下すること、又は、光の反射率が低下することを利用して、弁体を切り換えるようにしても良い。このように、パティキュレートの堆積を直接的に判断して弁体を切り換えることにより、さらに確実に機関出力の大幅な低下を防止することができる。

【0088】

また、多量のパティキュレートの堆積を防止するために、このように弁体を切り換えなくても、 NO_x 浄化触媒装置の SO_x 被毒回復処理において、弁体を開放位置とするために、 SO_x 被毒回復処理の完了時に、開始時の遮断位置とは反対の遮断位置とするようにしても良い。

【0089】

本排気浄化装置は、前述のように非常に簡単な構成によってパティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とを逆転することを可能とする。また、パティキュレートフィルタにおいては、排気ガスの流入を容易にするために大きな開口面積が必要とされるが、本排気浄化装置では、図18及び19に示すように、車両搭載性を悪化させることなく、大きな開口面積を有するパティキュレートフィルタを使用可能である。

【0090】

また、パティキュレートフィルタの近傍雰囲気のリッチ空燃比にすると、即ち近傍雰囲気中の酸素濃度を低下させると NO_x 吸収剤61から外部に活性酸素Oが一気に放出され、これら一気に放出された活性酸素Oによって堆積したパティキュレートが輝炎を発することなく一気に燃焼除去させることができる。こうし

て、弁体 7 1 a によってパティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とを逆転する時に、又は、その直後に排気ガスの空燃比をリッチにすれば、パティキュレートフィルタ隔壁のパティキュレートが残留及び堆積していない他方の捕集面では、一方の捕集面に比較して活性酸素を放出し易いために、さらに多量に放出される活性酸素によって、残留及び堆積パティキュレートを、さらに確実に酸化除去することが可能となる。

【 0 0 9 1 】

近傍雰囲気のリッチ空燃比にする方法としては、燃焼空燃比をリッチにしたり、排気行程において気筒内へ燃料を噴射したり、前述の低温燃焼を実施したりすれば良い。普通燃焼から低温燃焼へ切り換わる時に、又は、それに先立ってパティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とを切り換えるようにしても良い。また、 NO_x 浄化触媒装置及びパティキュレートフィルタにおいて、担持させた NO_x 吸収剤から NO_x を放出させる再生のために近傍雰囲気を少なくとも一時的にリッチ空燃比とする必要があり、このリッチ化制御をパティキュレートフィルタの上流側と下流側との逆転後に実施することが好ましい。

【 0 0 9 2 】

ところで、排気ガス中のカルシウム Ca は SO_3 が存在すると、前述したアッシュのような硫酸カルシウム CaSO_4 を生成する。この硫酸カルシウム CaSO_4 によるパティキュレートフィルタの目詰まりを防止するためには、 NO_x 吸収剤 6 1 としてカルシウム Ca よりもイオン化傾向の高いアルカリ金属又はアルカリ土類金属、例えばカリウム K を用いると NO_x 吸収剤 6 1 内に拡散する SO_3 はカリウム K と結合して硫酸カリウム K_2SO_4 を形成し、カルシウム Ca は SO_3 と結合することなくパティキュレートフィルタの隔壁を通過する。従ってパティキュレートフィルタがアッシュによって目詰まりすることがなくなる。こうして、前述したように NO_x 吸収剤 6 1 としてはカルシウム Ca よりもイオン化傾向の高いアルカリ金属又はアルカリ土類金属、即ちカリウム K 、リチウム Li 、セシウム Cs 、ルビジウム Rb 、バリウム Ba 、ストロンチウム Sr を用いることが好ましいことになる。

【 0 0 9 3 】

【発明の効果】

このように、本発明による内燃機関の排気浄化装置によれば、近傍雰囲気が一
 ー空燃比の時に NO_x を吸収し、理論空燃比又はリッチ空燃比の時に NO_x を
 放出して還元浄化する NO_x 吸蔵還元触媒を担持するパティキュレートフィルタ
 と、このパティキュレートフィルタの上流側に配置されて酸化機能を有する NO_x
 NO_x 浄化触媒装置とを具備するために、パティキュレートフィルタだけでは不足す
 る NO_x 浄化を、 NO_x 浄化触媒装置が補うために、排気ガス中の NO_x を十分
 に浄化することができる。また NO_x 浄化触媒装置の有する酸化機能によって、
 パティキュレートフィルタの上流側において排気ガス中の SOF を焼失させるこ
 とができ、パティキュレートフィルタ上でパティキュレートが SOF によって大
 きな塊に成長することを防止し、パティキュレートフィルタの目詰りを抑制する
 ことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による排気浄化装置を備えるディーゼルエンジンの概略縦断面図である。

【図 2】

図 1 の燃焼室の拡大縦断面図である。

【図 3】

図 1 のシリンダヘッドの底面図である。

【図 4】

燃焼室の側面断面図である。

【図 5】

吸排気弁のリフトと燃料噴射を示す図である。

【図 6】

スモークおよび NO_x の発生量等を示す図である。

【図 7】

燃焼圧を示す図である。

【図 8】

燃料分子を示す図である。

【図 9】

スモークの発生量と E G R 率との関係を示す図である。

【図 1 0】

噴射燃料量と混合ガス量との関係を示す図である。

【図 1 1】

第 1 の運転領域 I および第 2 の運転領域 II を示す図である。

【図 1 2】

空燃比センサの出力を示す図である。

【図 1 3】

スロットル弁の開度等を示す図である。

【図 1 4】

第 1 の運転領域 I における空燃比を示す図である。

【図 1 5】

スロットル弁等の目標開度のマップを示す図である。

【図 1 6】

普通燃焼における空燃比を示す図である。

【図 1 7】

スロットル弁等の目標開度を示す図である。

【図 1 8】

機関排気系における切換部及びパティキュレートフィルタ近傍の平面図である。

【図 1 9】

図 1 8 の側面図である。

【図 2 0】

切換部内の弁体の図 1 8 とは異なるもう一つの遮断位置を示す図である。

【図 2 1】

切換部内の弁体の開放位置を示す図である。

【図 2 2】

パティキュレートフィルタの構造を示す図である。

【図 2 3】

NO_x の吸放出作用を説明するための図である。

【図 2 4】

単位時間当りの NO_x 吸収量のマップを示す図である。

【図 2 5】

パティキュレートの酸化作用を説明するための図である。

【図 2 6】

酸化除去可能微粒子量とパティキュレートフィルタの温度との関係を示す図である。

【図 2 7】

パティキュレートの堆積作用を説明するための図である。

【図 2 8】

パティキュレートフィルタへの多量のパティキュレートの堆積を防止するためのフローチャートである。

【図 2 9】

パティキュレートフィルタの隔壁の拡大断面図である。

【符号の説明】

6 … 燃料噴射弁

1 6 … スロットル弁

7 1 … 切換部

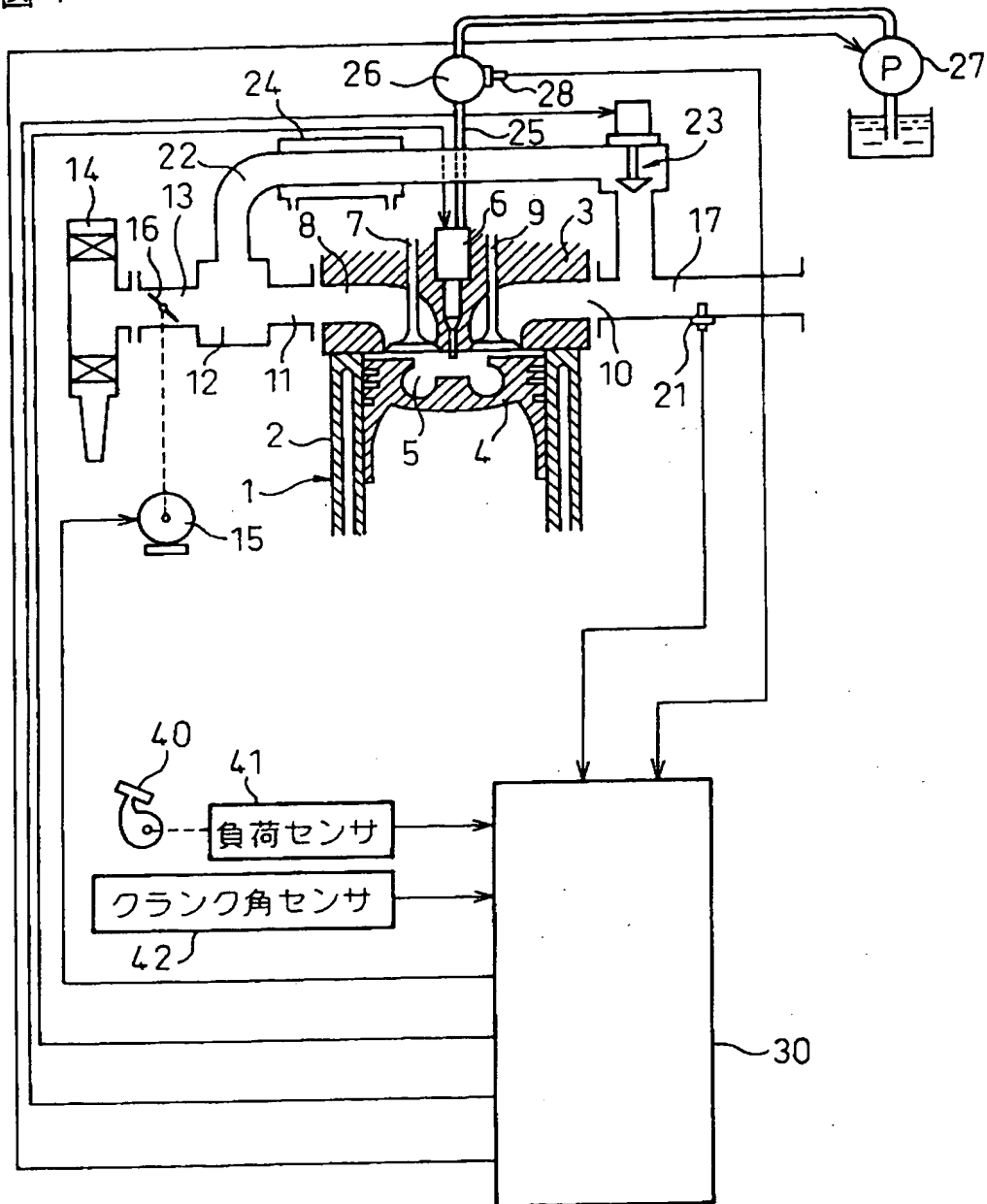
7 0 … パティキュレートフィルタ

7 4 … NO_x 浄化触媒装置

【書類名】 図面

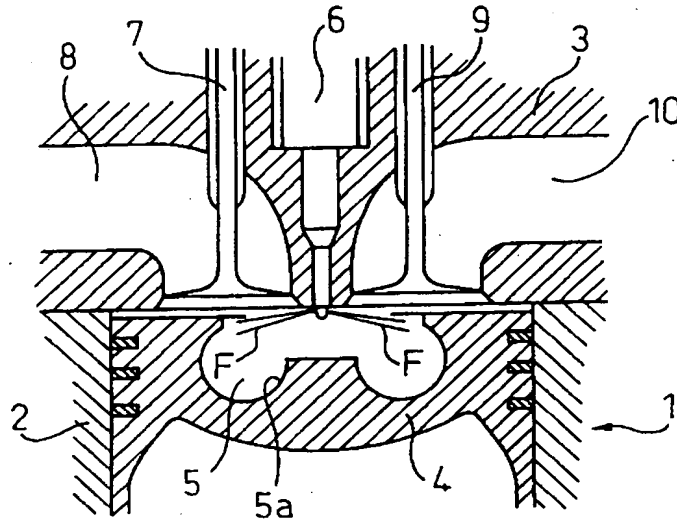
【図 1】

図 1



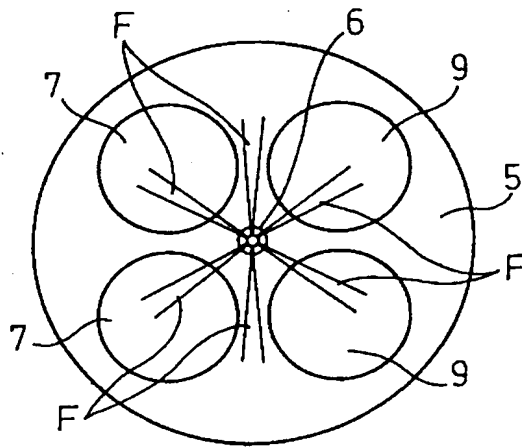
【図 2】

図 2



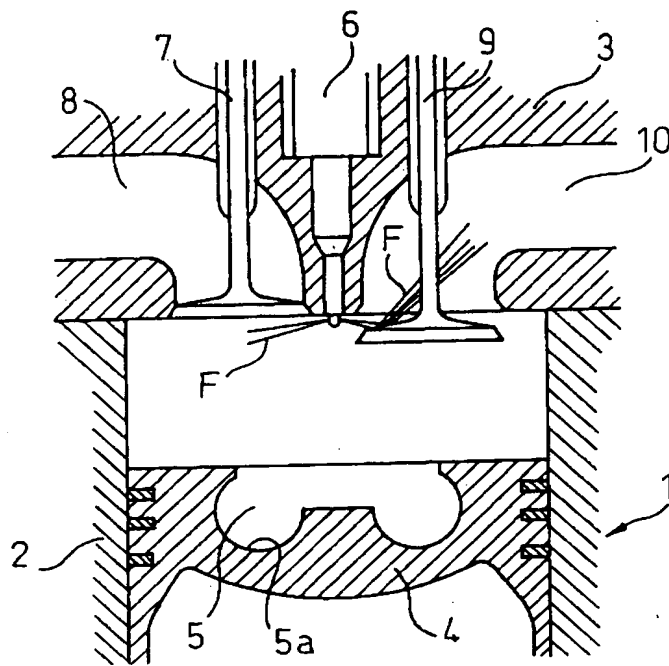
【図 3】

図 3



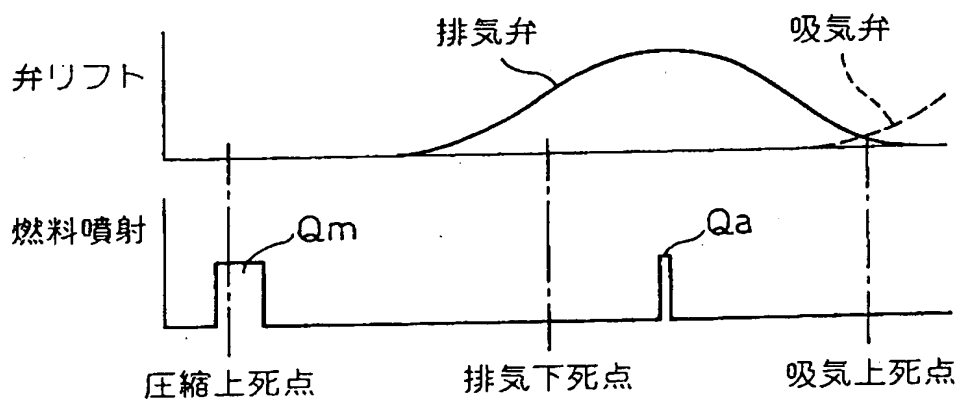
【図4】

図 4



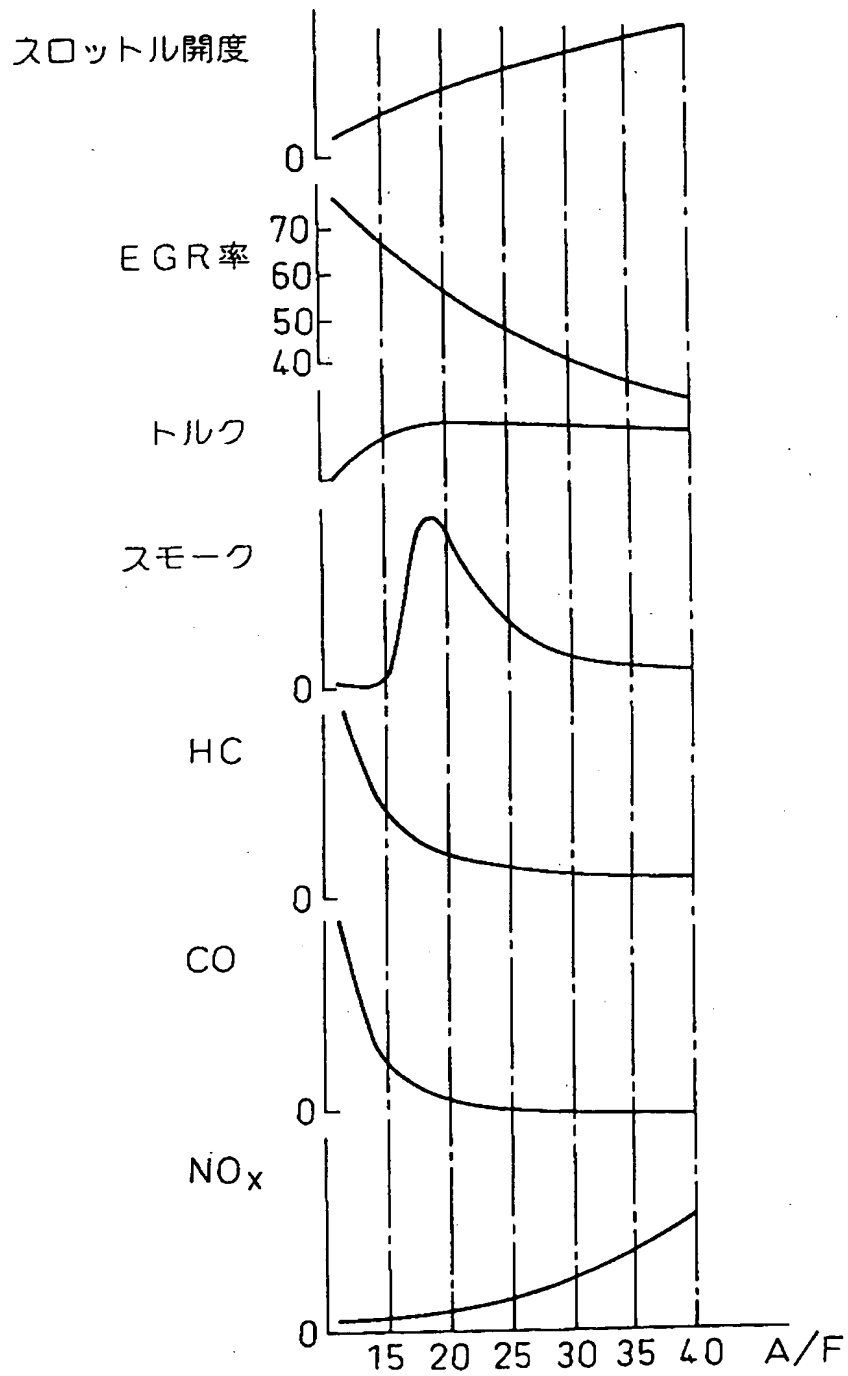
【図5】

図 5



【図 6】

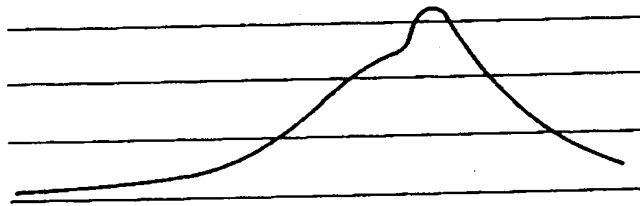
図 6



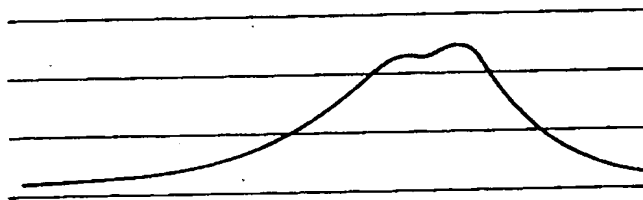
【図 7】

図 7

(A)

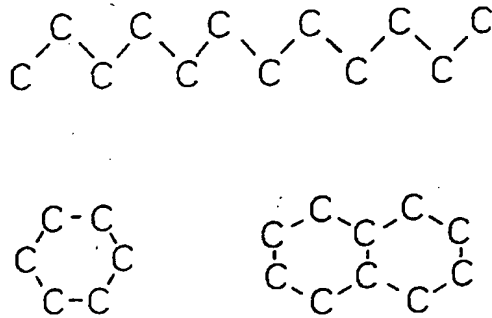


(B)



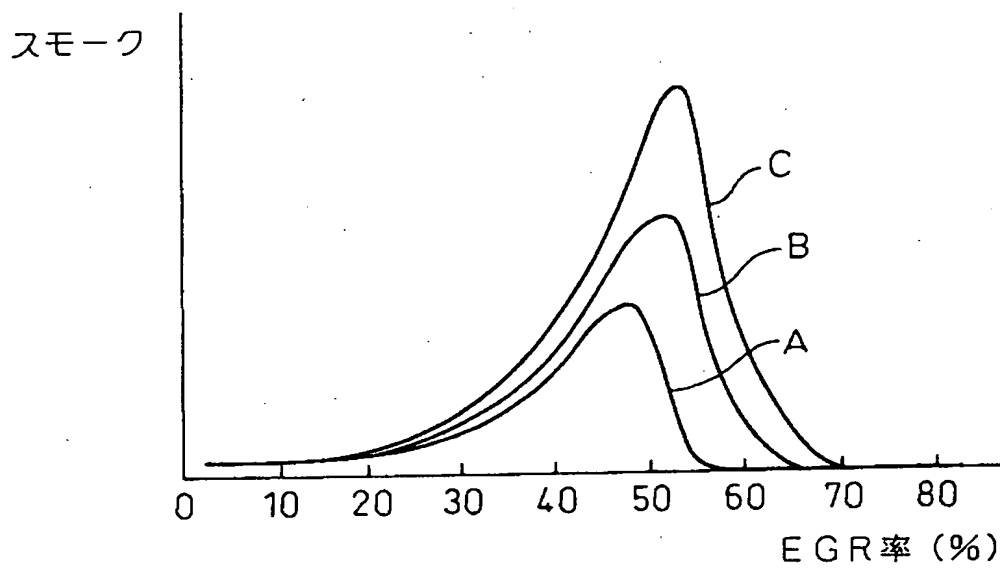
【図 8】

図 8



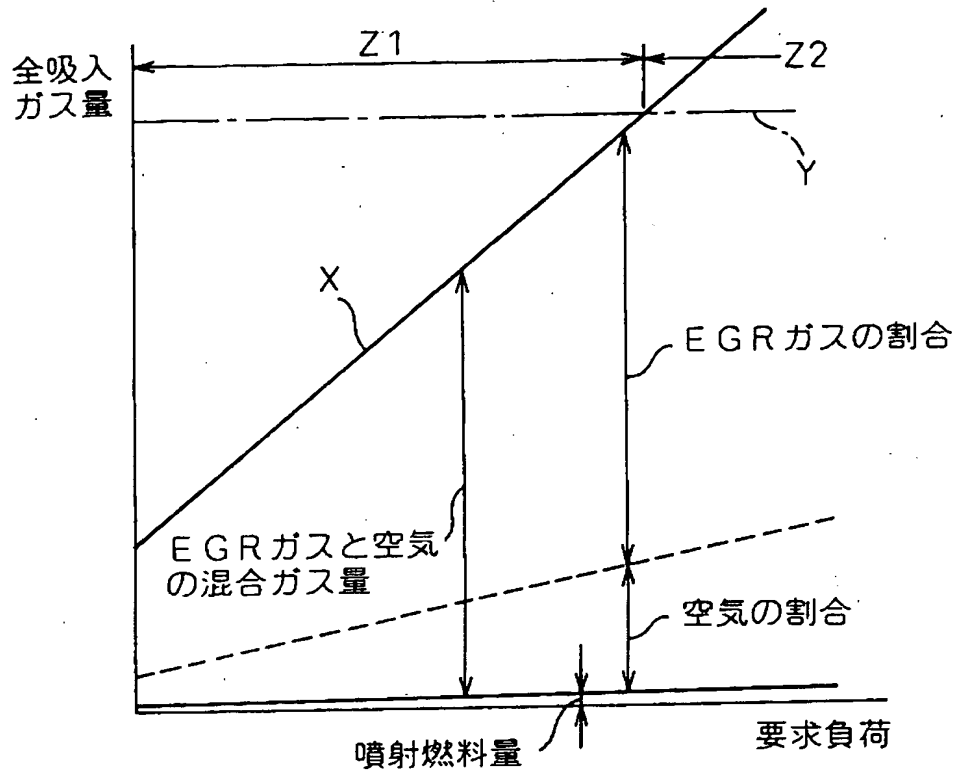
【図 9】

図 9



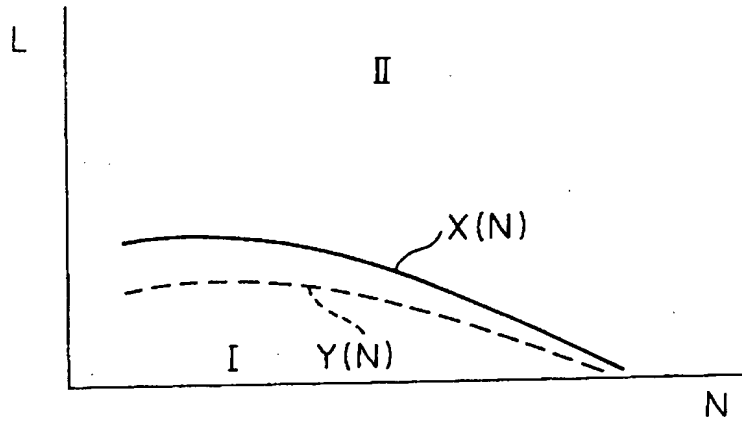
【図10】

図10



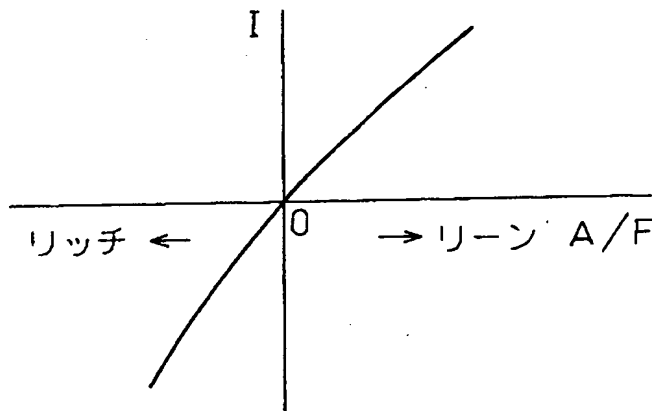
【図 1 1】

図 11

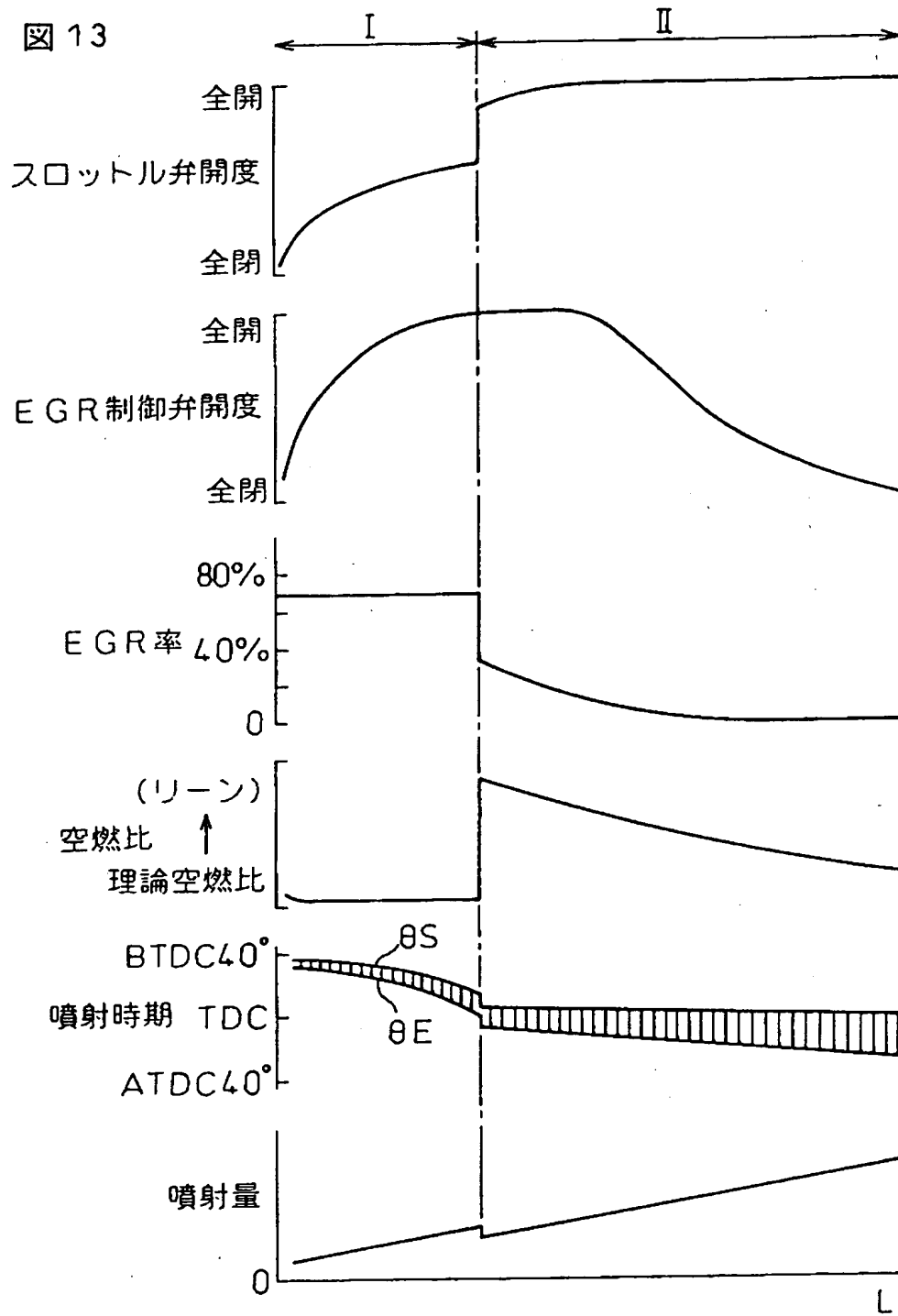


【図 1 2】

図 12

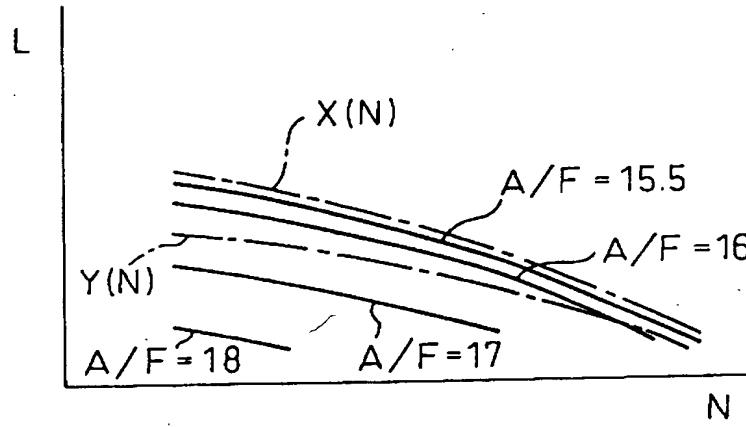


【図 1 3】



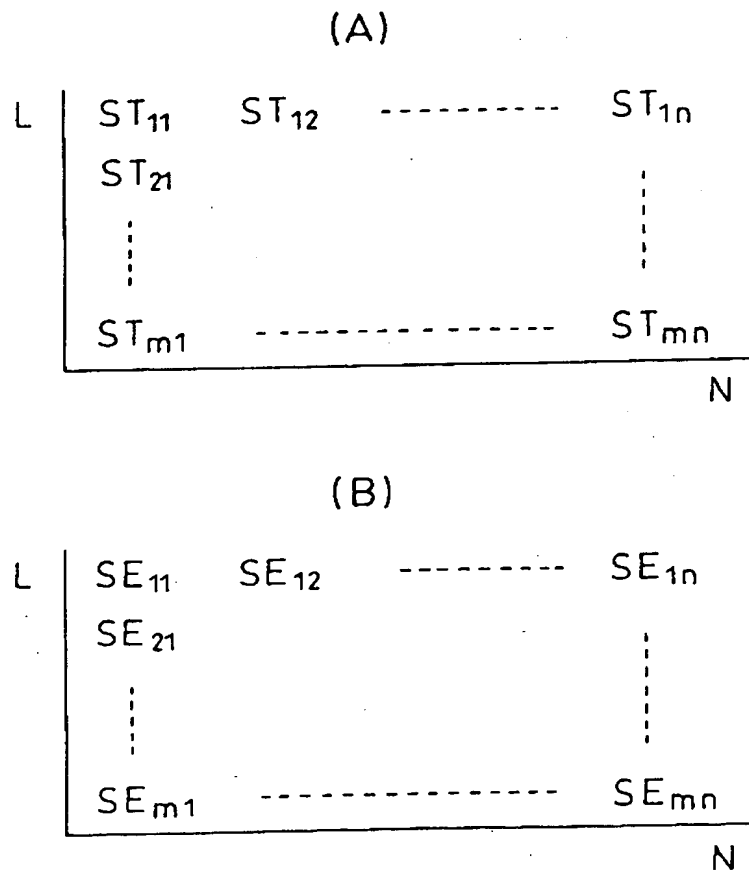
【図 14】

図 14



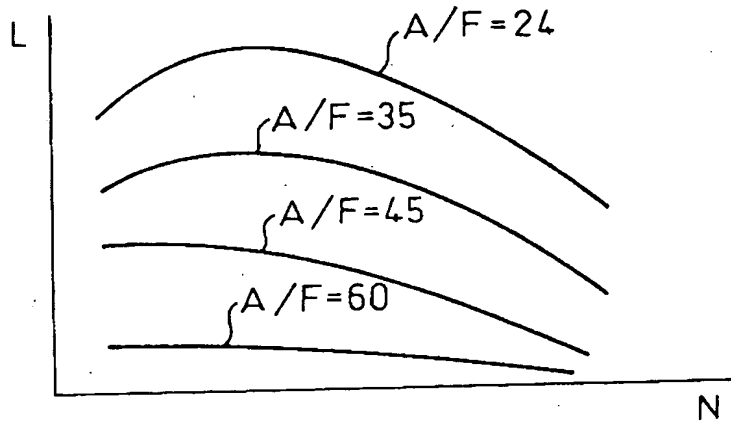
【図 15】

図 15



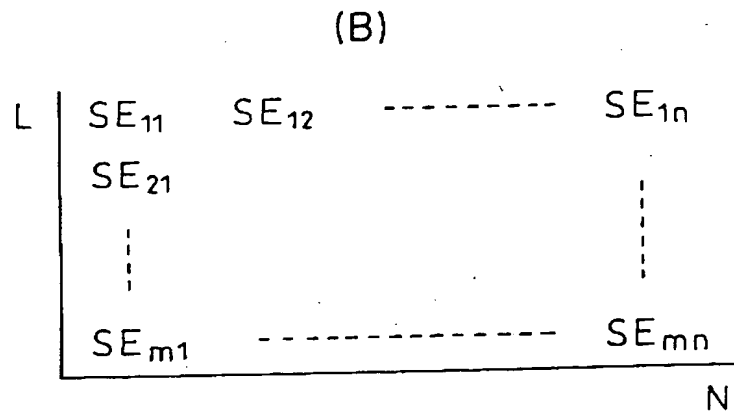
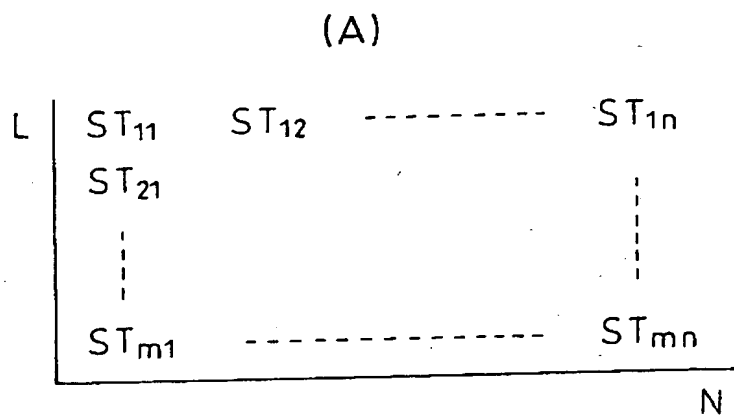
【図 16】

図 16



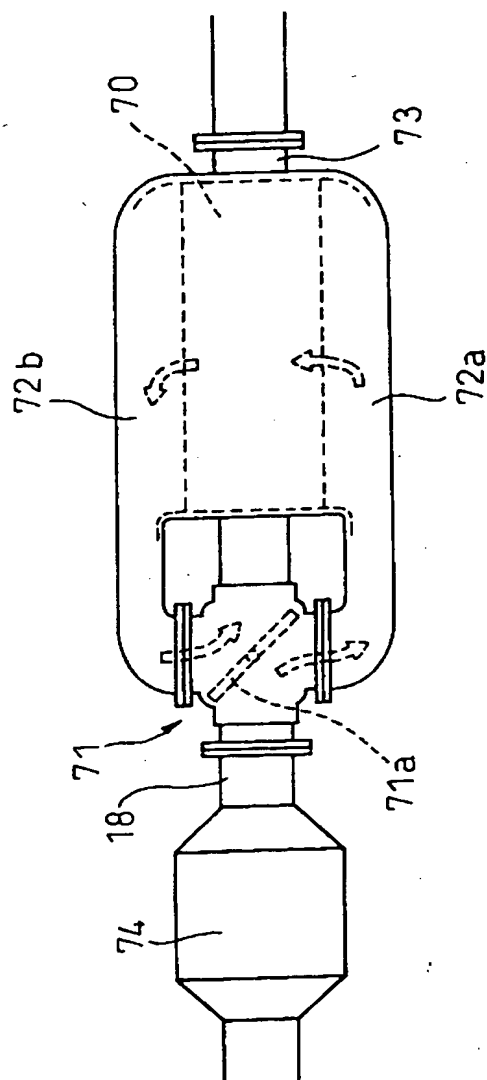
【図 17】

図 17



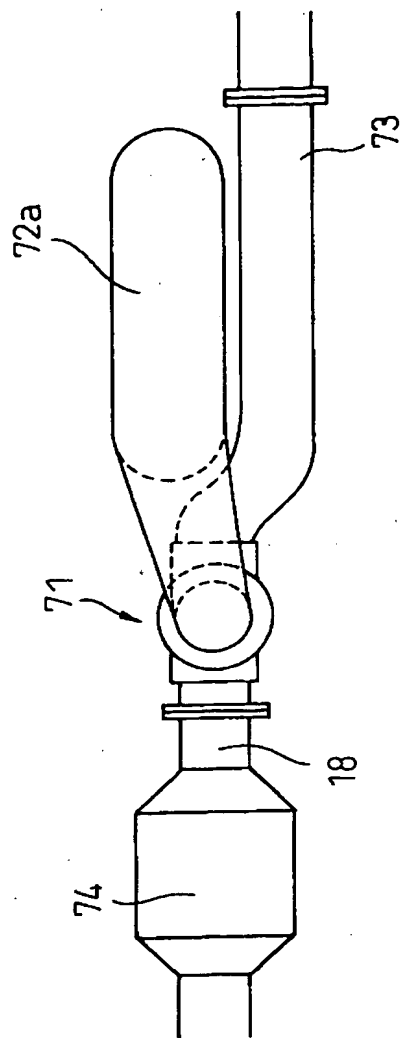
【図 18】

図 18



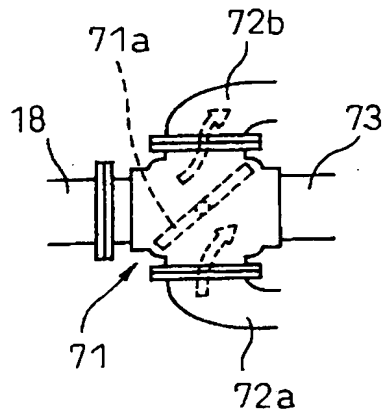
【図19】

図 19



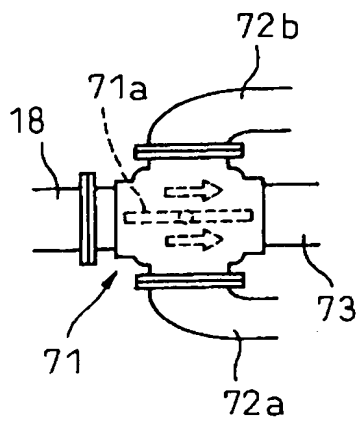
【図 2 0】

図 20

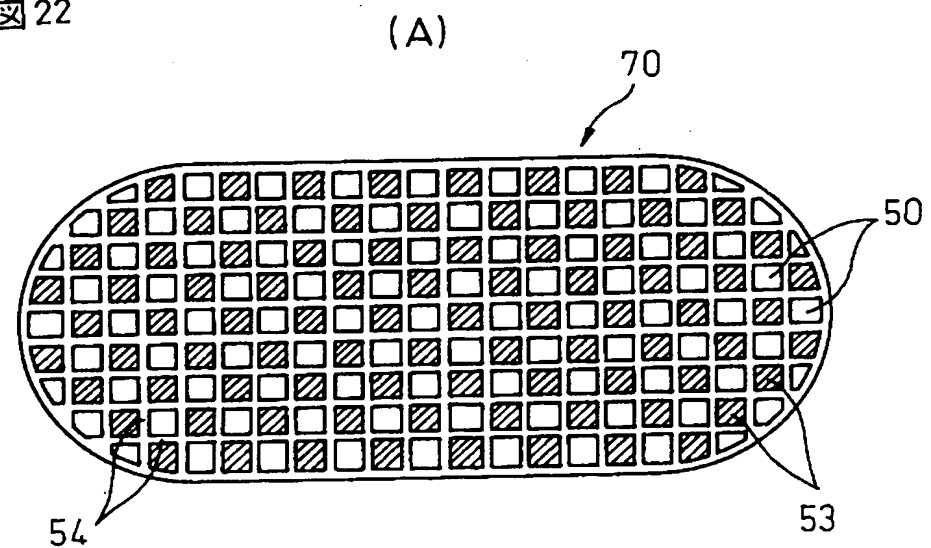


【図 2 1】

図 21

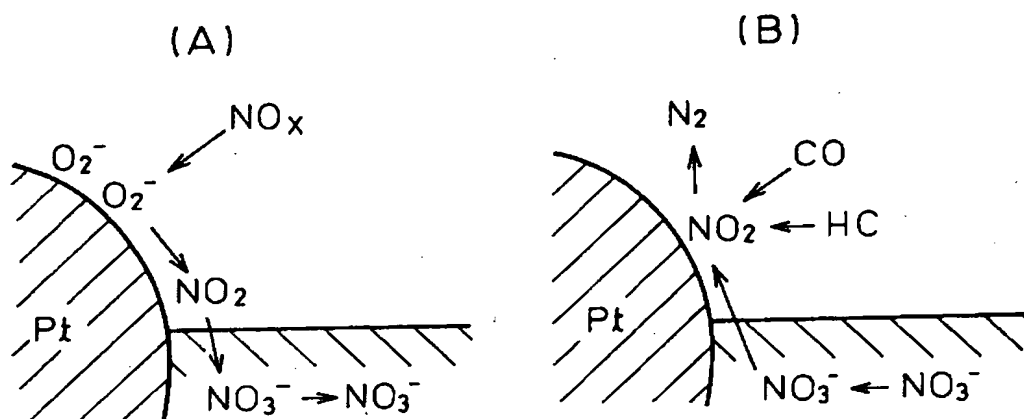


【図 2 2】



【図 23】

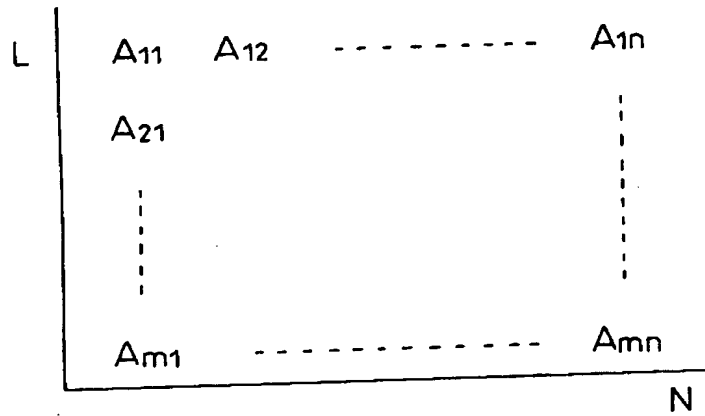
図 23



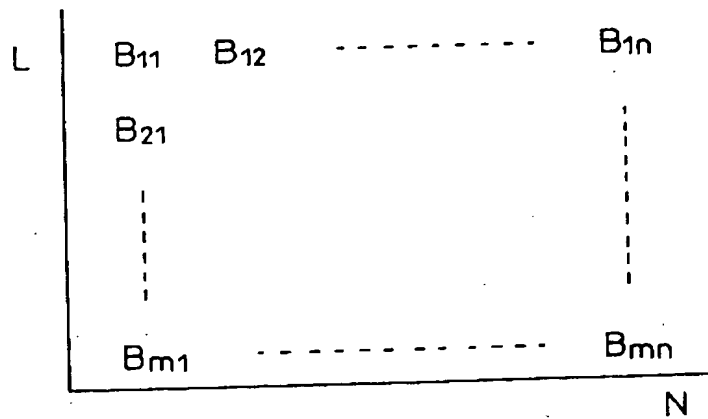
【図 2 4】

図 24

(A)

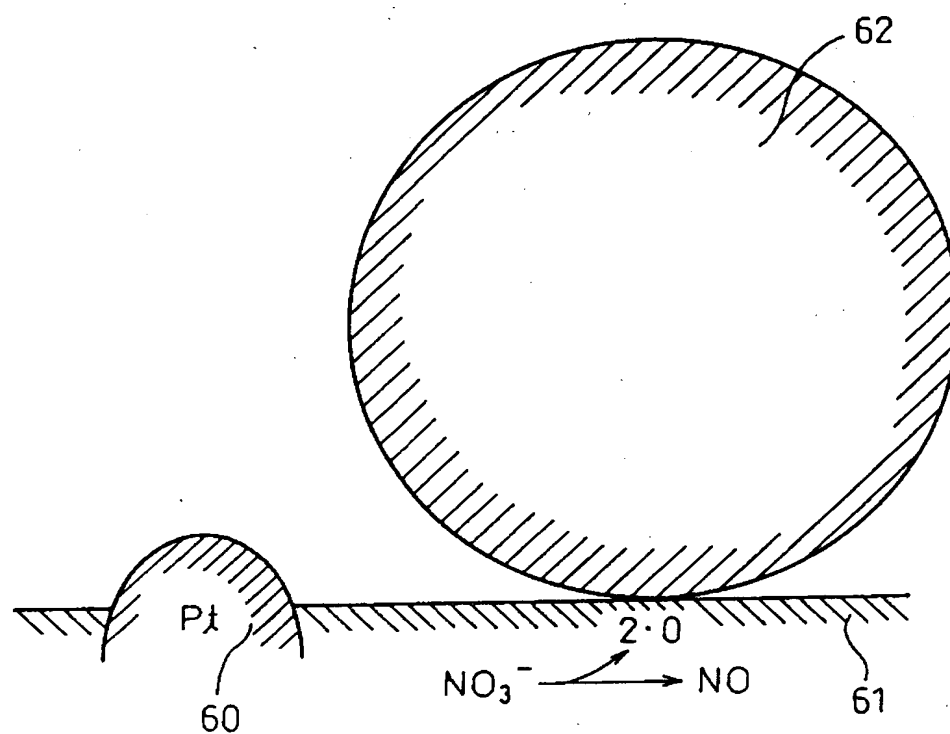


(B)



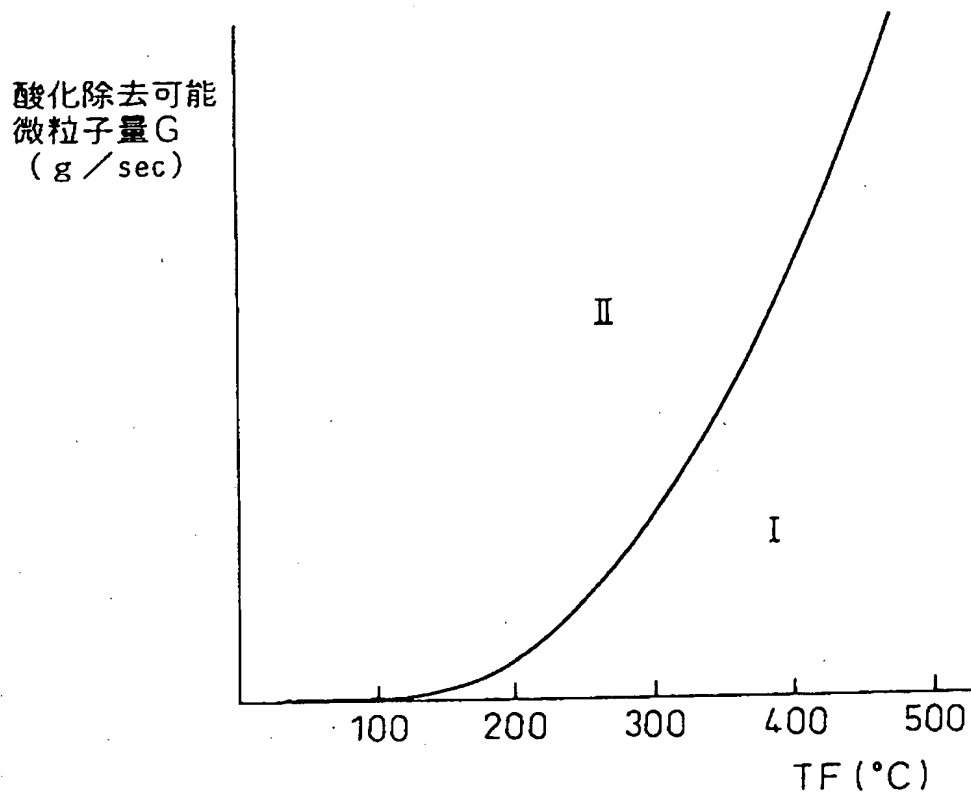
【図 25】

図 25



【図 26】

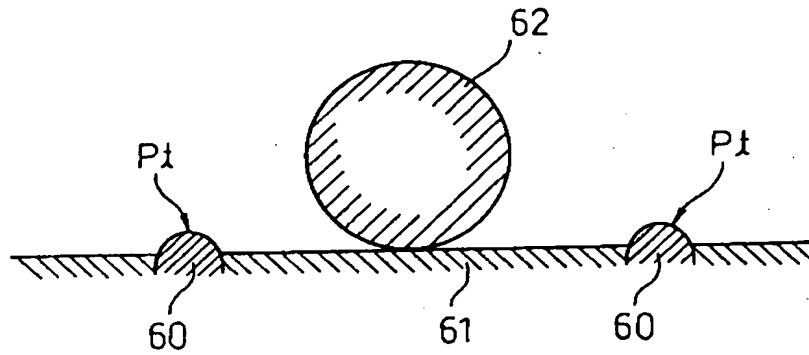
図.26



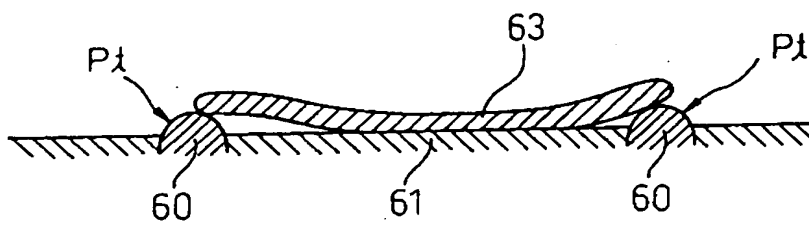
【図 27】

図 27

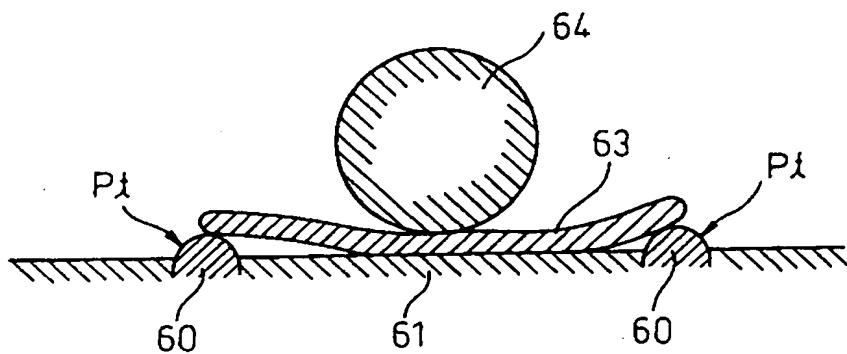
(A)



(B)

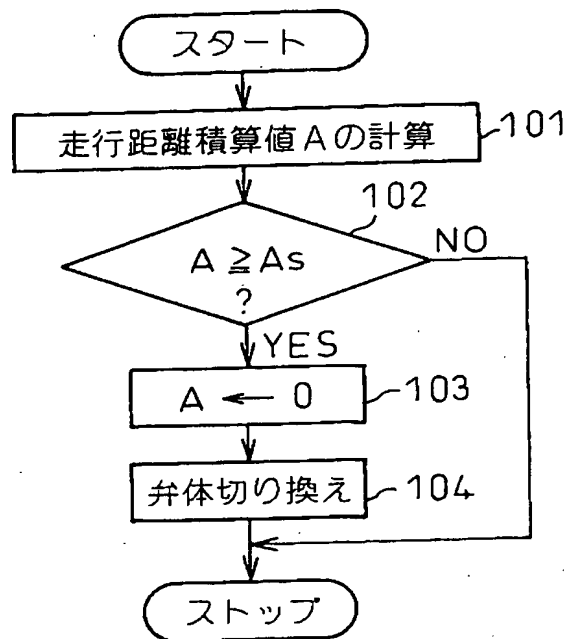


(C)



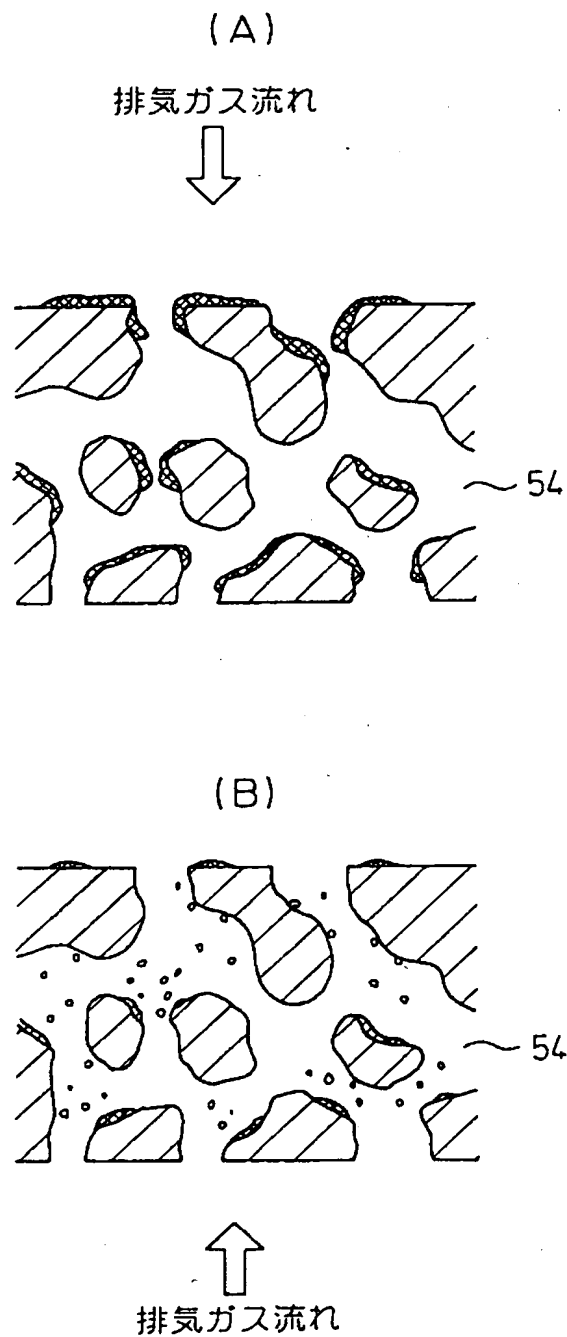
【図 28】

図 28



【図 29】

図 29



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 NO_x 吸蔵還元触媒を担持したパティキュレートフィルタを具備する内燃機関の排気浄化装置において、排気ガス中の NO_x を十分に浄化可能とすることである。

【解決手段】 近傍雰囲気が一リーン空燃比の時に NO_x を吸収し、理論空燃比又はリッチ空燃比の時に NO_x を放出して還元浄化する NO_x 吸蔵還元触媒を担持するパティキュレートフィルタ 7 0 と、パティキュレートフィルタの上流側に配置されて酸化機能を有する NO_x 浄化触媒装置 7 4 とを具備する。

【選択図】 図 1 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003207]

1. 変更年月日	1990年 8月27日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県豊田市トヨタ町1番地
氏 名	トヨタ自動車株式会社